

Министерство образования и науки Украины
Донецкая областная и городская администрации
Международный союз машиностроителей
Фонд поддержки прогрессивных реформ
Национальная металлургическая академия Украины (НИИСТ)
Донецкий и Севастопольский национальные технические университеты
Брянский государственный технический университет
Московский государственный университет инженерной экологии
Таганрогский государственный радиотехнический университет
Азербайджанский, Жешувский, Островский, Силезский, Ясский
технические университеты, Политехника Любельская
Технический университет Молдовы, Политехника Ченстохова
Магдебургский, Портсмутский, Тульский университеты
Бухарестская военно-техническая академия
Институт международного сотрудничества, Российско-Украинский университет
Институт механики и сейсмологической стабильности АН РУ
Донецкий институт холодильной техники
Ассоциация металловедов и термистов Украины
Научно-технический союз машиностроения Болгарии
Научный центр проблем механики машин НАН Беларуси
Издательство «Машиностроение»
Брянский АО НИИ «Изотерм», ОАО «ДЗГА», АО «НОРД», ЗАО «НКМЗ»
ОАО «Точмаш», НПП «Эталон», ЧП «Технополис», Снежнянский машзавод

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТЕХНОСФЕРА XXI ВЕКА

Сборник трудов

XIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Том 1

11-16 сентября 2006 г. в городе Севастополе



Донецк-2006

ББК К5я54
УДК 621.01(06)

Машиностроение и техносфера XXI века // Сборник трудов XIII международной научно-технической конференции в г. Севастополе 11-16 сентября 2006 г. В 5-х томах. – Донецк: ДонНТУ, 2006. Т. 1. – с.

ISBN

В сборник включены материалы XIII международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века», отражающие научные и практические результаты в области обработки изделий прогрессивными методами, создания нетрадиционных технологий и оборудования. Представлены современные достижения и перспективные направления развития технологических систем, металлорежущего инструмента и оснастки. Освещены современные проблемы материаловедения в машиностроении. Рассмотрены вопросы механизации и автоматизации производственных процессов, управления качеством и диагностики технических систем. Приведены сведения об особенностях моделирования, экономических проблемах производства, вопросах инженерного образования и других актуальных проблемах техносферы.

Предназначен для научно-технических работников, ИТР и специалистов в области машиностроения и техносферы.

Издается при содействии Международного союза машиностроителей

Адрес международного организационного комитета:

Украина, 83000, г. Донецк, ул. Артема, 58, ДонНТУ, кафедра ТМ.
Тел.: +38 (062) 305-01-04, факс: +38 (062) 305-01-04
E-mail: tm@mech.dgtu.donetsk.ua
<http://www.dgtu.donetsk.ua>

ISBN

© Донецкий национальный
технический университет, 2006 г.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель - ректор ДонНТУ, заслуженный деятель науки и техники Украины, академик АИН Украины, д.т.н., проф. **Минаев А.А.**

Заместитель председателя – Председатель МСМ, зам. директора по научной работе ИМС, зав. кафедрой ТМ ДонНТУ, д.т.н., проф. **Михайлов А.Н.**

Члены: декан ДонНТУ, к.т.н., доц. **Аввакумов С.И.**; профессор Жешувского ТУ, д.т.н. **Акопян Р.**; ректор Коломыйского университета, д.т.н., профессор **Афтаназив И.С.**; профессор ДГТУ, д.т.н. **Бабичев А.П.**; нач. отдела ИМАШ РАН, д.т.н., проф. **Базров Б.М.**; профессор Бухарестского ТУ **Бардак Д.**; проректор ДонНТУ, д.т.н., проф. **Башков Е.А.**; профессор ИМ и СС АН РУ, д.т.н. **Бахадиров Г.А.**; директор ММИ НТУУ «КПИ», д.т.н., проф. **Бобырь Н.И.**; ректор ЛГТУ, д.т.н., проф. **Божидарник В.В.**; профессор СевНТУ, д.т.н. **Бохонский А.И.**; проректор БВТА, д.т.н., проф. **Буня М.**; зав. кафедрой ТРТУ, д.т.н., проф. **Бутенко В.И.**; профессор Силезского технического университета, д.т.н. **Бухач А.**; зав. кафедрой ВУНУ, д.т.н., проф. **Витренко В.А.**; профессор МГТУ им. Н. Э. Баумана, д.т.н. **Волчкевич Л.И.**; профессор НТУУ «КПИ», д.т.н. **Гавриш А.П.**; нач. отдела ХГНИИМ, к.т.н. **Гафанович Г.Я.**; ректор МГУИЭ, д.т.н., проф. **Генералов М.Б.**; профессор Брауншвейгского физико-технического института, д.т.н. **Герман К.**; зам. директора ДИХТ, к.т.н. **Гейер Г.В.**; директор ДИХТ **Горин А.Н.**; проректор БГТУ, д.т.н., проф. **Горленко О.А.**; техн. директор НПФ «Мидиэл» **Григорьев С.В.**; профессор ОИФТПС ЯНЦ СО РАН, д.т.н. **Гусев Е.Л.**; секретарь Научно-технического союза машиностроения Болгарии **Дамянов Д.**; ген. директор НПП «Эталон» **Дарда Ю.А.**; ректор Политехники Ченстохова, д.т.н., проф. **Дыя Хенрик**; гл. редактор издательства «Машиностроение» **Жесткова И.Н.**; декан ДонНТУ, проф. **Егоров Н.Т.**; президент корпорации ООО ИНТК «НОО ЭКОЛОГИЯ» **Зайцев-Голощанов В.С.**; генеральный директор АО «НОРД», к.т.н. **Жидков В.В.**; зав. кафедрой ДонГУЭиТ, д.т.н., проф. **Заплетников И.Н.**; ректор ТРТУ, д.т.н., проф. **Захаревич В.Г.**; зав. кафедрой СУ, д.т.н., проф. **Захаров Н.В.**; президент ассоциации ТМ Украины, профессор ГАЛПУ, д.т.н., проф. **Зенкин А.С.**; зав. кафедрой ДонНТУ, д.т.н., проф. **Зори А.А.**; зам. ген. директора Брянского АО НИИ «Изотерм», к.т.н. **Инютин В.П.**; профессор ДонНТУ, д.т.н. **Калафатова Л.П.**; декан ДонНТУ, к.т.н., проф. **Калашников В.И.**; профессор Магдебургского университета, д.т.н. **Каспер Р.**; проректор МГУИЭ, д.т.н., проф. **Каталымов А.В.**; профессор БВТА, д.т.н. **Керекеш Т.**; декан ДонНТУ, к.т.н., проф. **Клягин Г.С.**; зав. кафедрой ДГМА, д.т.н., проф. **Ковалев В.Д.**; начальник управления машиностроения, ВПК и конверсии Донецкой облгосадминистрации **Косоруков Н.Д.**; проректор ВИС ЮРГУЭС, д.т.н., проф. **Кравченко П.Д.**; директор СТИ МИСиС, д.т.н., профессор **Крафт В.Б.**; профессор НТУУ «КПИ», д.т.н. **Кузнецов Ю.Н.**; профессор Туркменского политехнического института, д.т.н. **Курбанов Х.К.**; президент АО «НОРД», д.т.н., проф. **Ландик В.И.**; зав. кафедрой ДонНТУ, д.т.н., проф. **Левченко Г.Г.**; председатель Донецкого городского Совета народных депутатов **Лукьянченко А.А.**; профессор ДонНТУ, д.т.н. **Малышко И.А.**; профессор БНТУ, д.т.н. **Маляренко А.Д.**; профессор ТУМ, д.т.н. **Марин А.З.**; зав. кафедрой ДонНТУ, д.т.н., проф. **Матюха П.Г.**; рук. отдела Политехники Ченстохова, д.т.н., проф. **Миленин А.А.**; зав. кафедрой Ясского технического университета, д.т.н., проф. **Муску Г.**; проректор по международному сотрудничеству ДонНТУ, проф. **Навка И.П.**; директор Снежнянского машзавода **Недашковский А.П.**; директор ИСМ, д.т.н., проф. **Новиков Н.В.**; зав. кафедрой СевНТУ, д.т.н., проф. **Новоселов Ю.К.**; профессор Портсмутского

университета **Оливер Т.**; профессор Ясского технического университета, д.т.н. **Параскив Д.**; декан ДонНТУ, к.т.н., проф. **Парфенюк А.С.**; зав. кафедрой НТУУ «КПИ», д.т.н., проф. **Петраков Ю.В.**; зав. кафедрой ЧГИЭиУ, д.т.н., проф. **Польшаков В.И.**; директор НДИСТ, д.т.н., проф. **Проволоцкий А.Е.**; зав. кафедрой Ясского технического университета, д.т.н., проф. **Прутяну О.В.**; профессор НТУУ «КПИ», д.т.н. **Родин П.Р.**; директор ИТИС Политехники Любельской, д.т.н., проф. **Свиць А.**; декан Политехники Ченстохова, д.т.н., проф. **Сивка Ежи**; зав. кафедрой ДонНТУ, д.т.н., проф. **Скидан И.А.**; профессор ЯТУ, д.т.н. **Слэтиняну Л.**; проректор по научной работе Орловского ТУ, д.т.н., проф. **Степанов Ю.С.**; гл. инженер проекта ЗАО «НКМЗ», к.т.н. **Стрельников В.Н.**; зав. кафедрой НТУУ «КПИ», д.т.н., проф. **Струтинский В.Б.**; нач. отдела института надежности машин АН Беларуси, к.т.н., проф. **Сусин А.А.**; зав. кафедрой БГТУ, д.т.н., проф. **Суслов А.Г.**; председатель правления ОАО «ДЗГА» **Талалаев Д.Г.**; профессор Политехники Любельской, д.т.н. **Тараненко В.**; директор ИМиС, д.т.н., проф. **Тернюк Н.Э.**; зав. кафедрой НТУ ХПИ, д.т.н., проф. **Тимофеев Ю.В.**; декан ТУМ, д.т.н., проф. **Тока А.**; проректор ДонНТУ, проф. **Троянский А.А.**; зав. кафедрой ДонНТУ, д.т.н., проф. **Улитин Г.М.**; профессор Сызранского филиала СГТУ, д.т.н. **Усов В.П.**; профессор Новополюцкого технического университета, д.т.н. **Хейфец М.Л.**; зам. директора ЭНИМС, д.т.н., проф. **Черпаков Б.И.**; профессор Жешувского технологического университета, д.т.н. **Шабайкович В.А.**; профессор Азербайджанского ТУ **Шарифов З.З.**; зав. кафедрой Силезского технического университета, д.т.н., проф. **Швидер Ю.**; зав. кафедрой ДонНТУ, д.т.н., проф. **Шевченко Ф.Л.**; зав. кафедрой ТГУ, д.т.н., проф. **Ямников А.С.**

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель – Председатель МСМ, зам. директора по научной работе ИМС, зав. кафедрой ТМ ДонНТУ, д.т.н., проф. **Михайлов А.Н.**

Заместители председателя: профессор кафедры ТМ ДонНТУ, к.т.н. **Горобец И.А.**; доцент кафедры ТМ, к.т.н. **Ивченко Т.Г.**; старший преподаватель кафедры ТМ **Феник Л.Н.**

Ученый секретарь – старший преподаватель кафедры ТМ **Голубов Н.В.**

Технический секретарь - инженер кафедры ТМ ДонНТУ **Лахин А.М.**

Члены: ассистент кафедры ТМ ДонНТУ **Байков А.В.**; нач. отдела техн. средств обучения ДонНТУ **Бакланов В.И.**; доцент кафедры ТМ ДонНТУ, к.т.н. **Богуславский В.А.**; профессор ДонНТУ, к.т.н. **Борисенко В.Ф.**; аспирант кафедры ТМ ДонНТУ **Брижан Т.М.**; аспирант кафедры ТМ ДонНТУ **Буленков Е.А.**; аспирант кафедры ТМ ДонНТУ **Гитуни А.**; аспирант кафедры ТМ ДонНТУ **Грубка Р.М.**; доцент кафедры МСМ ДонНТУ, к.т.н. **Гусев В.В.**; доцент кафедры ТМ **Демин В.П.**; начальник ОВС ДонНТУ, к.т.н., доц. **Джура С.Г.**; доцент БГТУ, к.т.н. **Добровольский Г.И.**; доцент кафедры ТМ ДонНТУ, к.т.н. **Ищенко А.Л.**; доцент кафедры МСМ ДонНТУ, к.т.н. **Киселева И.В.**; доцент кафедры ТМ ДонНТУ, к.т.н. **Коваленко В.И.**; декан ДонНТУ, к.т.н., доц. **Ковалев С.А.**; доцент УрГТУ, к.т.н. **Лагунова Ю.А.**; декан БГТУ, доцент кафедры АТС, к.т.н. **Лексиков В.П.**; начальник отдела ИМиС, к.т.н. **Луцкий С.В.**; инженер кафедры ТМ ДонНТУ **Макеева О.А.**; инженер кафедры ТМ ДонНТУ **Михайлова Е.А.**; доцент ДонНТУ, к.т.н. **Мороз О.К.**; доцент ХГТУ, к.т.н. **Настасенко В.А.**; аспирант кафедры ТМ ДонНТУ **Пелих А.В.**; зам. генерального директора НПП «ЭТАЛОН» **Петрусенко Л.А.**; доцент кафедры ТМ ДонНТУ **Польченко В.В.**; доцент ДонНАСА, к.т.н. **Финичен-**

ко В.А.; ассистент кафедры ТМ ДонНТУ Чернышев Е.А.; доцент кафедры механики ТРТУ, к.т.н. Шаповалов Р.Г.; зам. ген. дир. ОАО «Точмаш» Христофорова Л.В.

Уважаемые дамы и господа, дорогие друзья и коллеги!

В условиях глобализации мировой экономики и современного развития техносферы мир техники и технологий стремительно развивается и обновляется. Это постоянно вызывает необходимость всестороннего изучения и осмысления происходящих процессов. В этих условиях особое значение приобретают вопросы информационного обеспечения. Поэтому эта встреча обусловлена всеобщей необходимостью постоянного получения ее участниками современной информации о последних достижениях науки и техники. А также большой потребностью активизации процесса международного сотрудничества и расширения процесса общения ученых, специалистов и представителей промышленных предприятий.

Глобальные изменения, происходящие в настоящее время в техносфере, все настоятельнее требуют существенного развития машиностроения. Поэтому на этой конференции планируется особое внимание уделить вопросам создания и применения прогрессивных, специальных и нетрадиционных технологий. Нам необходимо рассмотреть насущные проблемы техники, связанные с механизацией и автоматизацией производственных процессов, а также с созданием прогрессивного оборудования. Здесь будут затронуты вопросы проектирования и применения прогрессивных инструментов, управления качеством промышленной продукцией, сертификации, метрологии, диагностики и эксплуатации технологических систем, создания информационных и наукоемких технологий. Приоритетными направлениями на этой встрече будут также вопросы, нацеленные на развитие процесса инженерного образования и интеграции в Европейскую систему университетского образования. А также множество других важнейших вопросов науки и техники нам предстоит обсудить, а именно связанных с развитием машиноведения, инженерии материалов, нанесение нетрадиционных покрытий, моделирования, расчетов сложных технических систем, экологии и экономики. Этих основных вопросов техносферы планируется коснуться здесь на нашей встрече.

С чувством глубокого удовлетворения можно отметить, что предыдущие встречи уже способствовали развитию международного сотрудничества, обеспечению личных контактов ученых, ведущих специалистов и представителей предприятий. А это дало возможность значительно расширить процессы международного сотрудничества и обмена информации научно-технического характера для участников конференции.

Главным в работе этой конференции является то, что она непрерывно развивается, растет к ней интерес ученых и специалистов, работающих в различных областях науки и техники. При этом расширяется география участников конференции, больше участвует специалистов с промышленных предприятий, заводов и фирм различных форм собственности. А это способствует расширению их сотрудничества и участия в совместных международных программах и проектах. А также позволяет наметить основные ориентиры, определить вектор прогрессивного развития машиностроения и техносферы, выработать общую техническую политику развития, а также подвести итоги развития новой техники и технологий.

Особенно хочется подчеркнуть также то, что в период работы этой конференции состоится VIII съезд членов Международного союза машиностроителей. Основная деятельность этой международной общественной организации направлена на консолидацию ученых, специалистов и руководителей промышленных предприятий для содействия развитию машиностроения и техносферы в условиях глобализации мировых отно-

шений. Совместное проведение этих мероприятий будет способствовать активизации процессов развития техносферы и международного сотрудничества.

Учитывая важность и необходимость этих форумов, организационный комитет конференции считает своим долгом продолжить практику организации подобных встреч и непрерывного совершенствования своей работы. Мы убеждены, что эти встречи традиционно пройдут творчески и плодотворно, будут способствовать процессу дальнейшей международной интеграции и консолидации ученых и специалистов различных стран, широкому обмену информации научно-технической характера, а также дадут необходимый творческий импульс для дальнейшего развития машиностроения и техносферы в целом.

С наилучшими пожеланиями.
Председатель организационного
комитета конференции

ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРИВОЛИНЕЙНОГО КАНАЛА С ВЫСТУПАМИ

Абдулбасет О. А. (КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань, Россия)

In this paper, we present the results of studying hydraulic resistance and heat transfer in the curvilinear short channel with spherical bulges installed on its concave or convex surface.

Использование энергосберегающих технологий в машиностроении требует снижения затрат на прокачку теплоносителей.

Пристенная интенсификация теплообмена является одним из эффективных способов уменьшения затрат энергии на прокачку теплоносителя по каналам теплообменников, установленных в агрегатах производственного оборудования или энергетических установок. Такой способ интенсификации теплообмена часто становится единственным при лимитированном перепаде давления теплоносителя.

Использование пристенных интенсификаторов теплообмена позволяет до минимума уменьшить гидродинамические потери при обеспечении требуемой интенсивности конвективного теплообмена. Они имеют общую особенность – разрушают образовавшийся на теплообменной поверхности пограничный слой за счет генерации отрывных и присоединяющихся течений.

Известно, что воздействие на поток поля центробежных массовых сил приводит к изменению гидродинамической картины течения и к изменению конвективного теплообмена около стенки. До настоящего времени исследование воздействия продольной кривизны вогнутой и выпуклой поверхностей на теплоотдачу при вынужденном движении теплоносителя проводилось лишь для сферических выемок и поверхностей с поперечными полуцилиндрическими выступами.

В данном докладе представлены результаты опытного исследования теплообмена и гидродинамики в коротком криволинейном канале с полусферическими выступами.

Из известных публикаций по исследованию пристенной интенсификации теплообмена и криволинейных течений (см., например, [1,2]) следует, что поставленная в данном докладе задача не решалась, а имеющиеся в литературе данные по смежным задачам использованы быть не могут.

Опытная установка для исследования интенсификации теплообмена сферическими выступами в коротком криволинейном канале представляла собой аэродинамическую трубу, работающую в режиме разрежения. Перед экспериментальным участком установлен плоский гладкий канал длиной 1м.

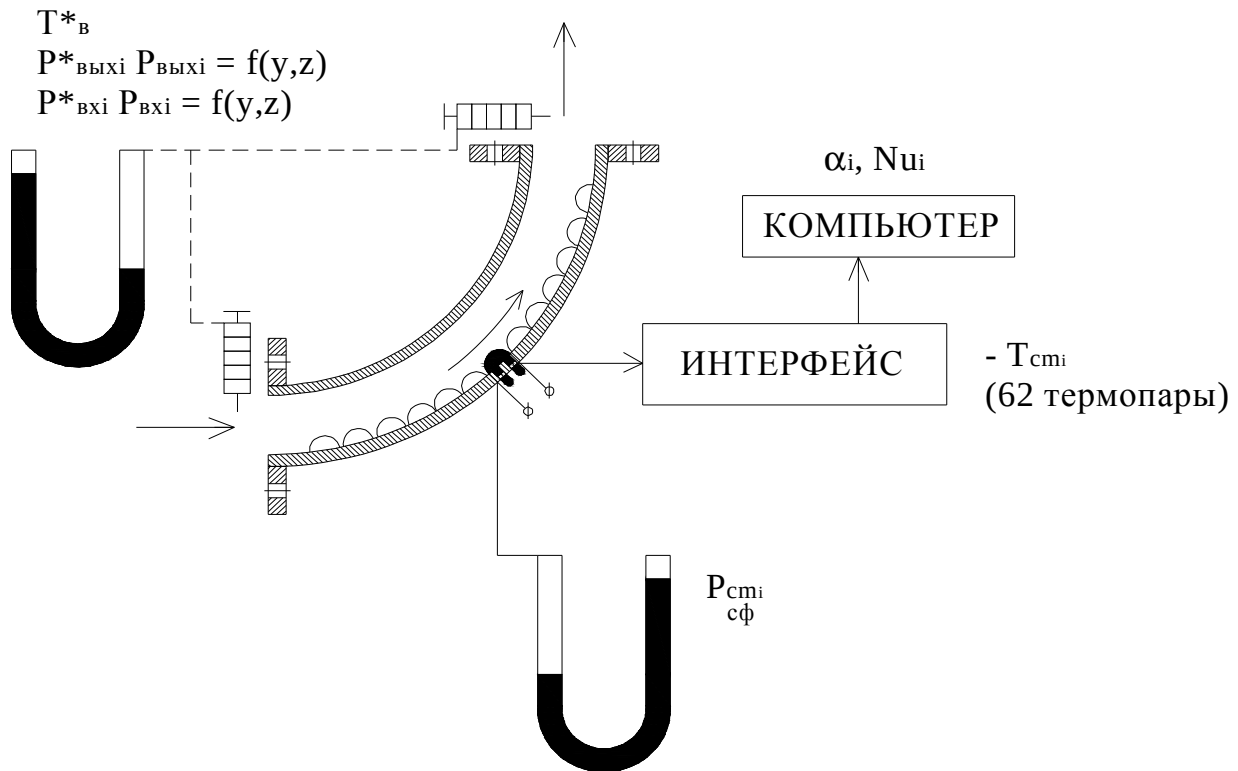
На рис. 1 представлена схема опытного участка. Ширина канала составляла 400мм, его высота принимала значения $H = 60, 80$ и 100 мм. Относительная высота канала H/d изменялась от 0,86 до 1,43, где d – диаметр полусферического выступа.

Относительная кривизна поверхности δ^{**}/R варьировалась путем изменения радиуса кривизны канала (δ^{**} – толщина потери импульса во входном сечении опытного участка): значение $R_{\text{вогн}} = 500$ мм, 700мм; $R_{\text{вып}} = 400$ мм, 600мм. Кроме этого, к изменению значения δ^{**} приводило и варьирование числом Re .

Для измерения полей статического p и полного p^* давления во входном и выходном сечениях канала установлены координатники с трубками Пито-Прандтля.

Объектом исследования являлся полусферический выступ высотой 35мм и диаметром 70мм. Матрица однотипных выступов устанавливалась на выпуклой или на вогнутой поверхности криволинейного канала (рис.1) или на стенке прямого канала. Мо-

дели выступов размещались в 8 рядов в виде регулярной матрицы в шахматном поряд-



ке. Относительный продольный шаг выступов $t_x/d = 1,14$, а поперечный – $t_z/d = 1,36$.

Рис.1. Схема экспериментальной установки

Исследуемая модель устанавливалась в 6-м ряду выступов, имитируя таким образом i -й ряд матрицы равномерно расположенных дискретных интенсификаторов теплообмена.

Модель выступа для исследования теплоотдачи изготовлена из стали 12X18H10T. Толщина стенки теплообменной модели составляла 15мм. Тепловой поток создавался электронагревателем, установленным в полости теплообменной модели выступа, который обеспечивал условие $q \approx \text{const}$. Нагревательным элементом служила нихромовая проволока диаметром 0,5мм. На поверхности теплообменной модели установлены 62 хромель-алюмелевые термопары с разнесенным спаем. Плотность теплового потока на исследуемой теплообменной поверхности выступа рассчитывалась на основе поверхностного градиента температур. Эксперименты проводились по классической схеме однофакторного эксперимента. Основные геометрические и режимные параметры в процессе опытов изменялись в следующих пределах: относительная высота канала $H/d = 0,86 \dots 1,43$; число Рейнольдса $Re_D = wD_r/\nu = 1,7 \cdot 10^4 \dots 9,7 \cdot 10^4$; относительная кривизна поверхности $\delta^{**}/R = (0,8 \dots 8,7) \cdot 10^{-3}$; температура воздуха $T \approx 300$ К.

Результаты экспериментов по исследованию гидравлического сопротивления показали, что в стесненном канале, при $H/d = 0,86$ значения $\xi_{\text{выст.вогн}} \approx \xi_{\text{выст.0}}$. При более высоких значениях H/d имеет место $\xi_{\text{выст.вогн}}/\xi_{\text{выст.0}} > 1$. То же самое наблюдается и при установке выступов на выпуклой поверхности канала: при $H/d > 0,86$ значение $\xi_{\text{выст.вып}}/\xi_{\text{выст.0}} > 1$. Таким образом, получается, что искривление нестесненного канала с

выступами в обоих случаях приводит к увеличению коэффициента гидравлического сопротивления.

Результаты сравнительных опытных исследований показали, что гидравлическое сопротивление криволинейного нестесненного канала с выступами на вогнутой или на выпуклой поверхности превышает сопротивление прямого канала на 30...50% при прочих равных условиях. Причина увеличения сопротивления в обоих случаях связана с прямым или опосредованным воздействием на поток центробежных массовых сил.

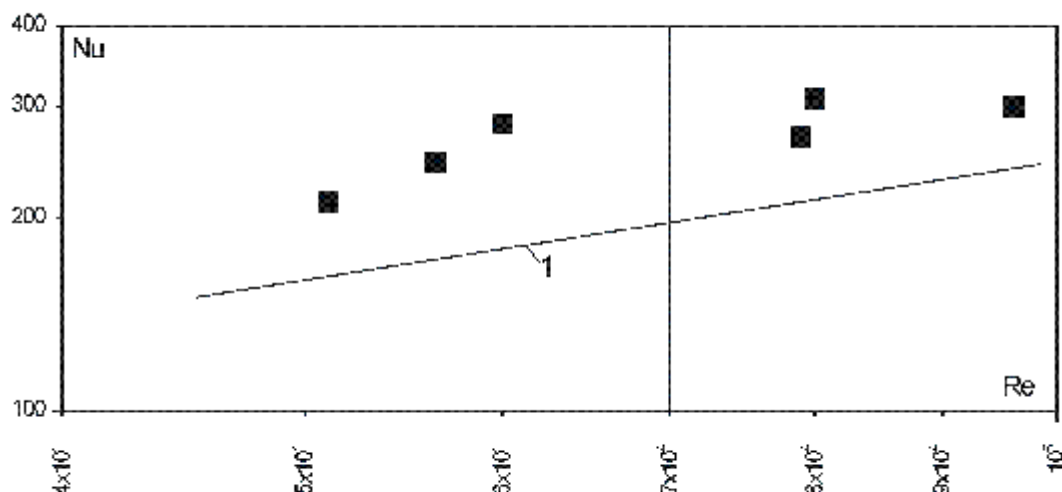


Рис.2. Средняя теплоотдача на выступах, установленных на вогнутой поверхности;
1 – то же в прямом канале; $H/d = 1,43$

Как видно из графика на рис.2, теплоотдача на выступе, установленном на вогнутой поверхности канала с относительной высотой $H/d = 1,43$, на (25...40)% превышает теплоотдачу в прямом канале с выступами. Результаты опытов показали, что с уменьшением относительной высоты канала эта разница в теплоотдаче снижается, и при $H/d = 0,86$ значение $Nu_{\text{выст.вогн}}/Nu_{\text{выст.0}} \approx 1$.

Действительно, при активном воздействии центробежных массовых сил около вогнутой поверхности нестесненного криволинейного канала образующиеся за выступами рециркуляционные течения уменьшают свои размеры, поскольку пристенный поток более турбулизирован по сравнению с прямым каналом, при прочих равных условиях. Об ослаблении рециркуляционных течений говорят и результаты измерений продольной скорости w_x : в прикорневой области выступа, например, при $y/d = 0,07$ значение $w_{\text{вогн}}/w_{\text{прям}} \approx 1,35$. В результате этого сокращаются области с пониженной теплоотдачей.

В стесненном прямом или криволинейном канале отношение $R_{\text{вогн}}/R_{\text{вып}}$ приближается к единице, и главную роль в увеличении теплоотдачи на выступах начинает играть взаимодействие крупномасштабных вихревых структур с противоположной стенкой, после чего они вновь взаимодействуют с выступами. Это является дополнительным интенсифицирующим теплообмен фактором, не связанным с кривизной канала. Теплоотдача на выступе, установленном на выпуклой поверхности нестесненного криволинейного канала (рис.3), также выше, чем в прямом канале с выступами. При $H/d = 1,43$ это превышение составляет (15-20)%. С уменьшением относительной высоты ка-

нала эта разница в теплоотдаче снижается, и при $H/d = 0,86$, так же, как в случае вогнутой поверхности, значение $Nu_{\text{выст.вогн}}/Nu_{\text{выст.0}} \approx 1$.

В этом случае интенсификация конвективного переноса теплоты происходит за счет более развитых крупных вихрей, образующихся в сдвиговом слое. Их более высокая, чем в прямом канале, интенсивность связана с консервативным воздействием центробежных сил, подавляющих турбулентные пульсации. Это подтверждают измерения продольной скорости w_x , показавшие, что за выступом в верхней его части $w_{\text{выст.вып}}/w_{\text{выст.0}} \approx 0,65$. При уменьшении H/d на конвективный теплоперенос все более влияет стесненность канала, и разница в теплоотдаче между криволинейным и прямым каналами нивелируется.

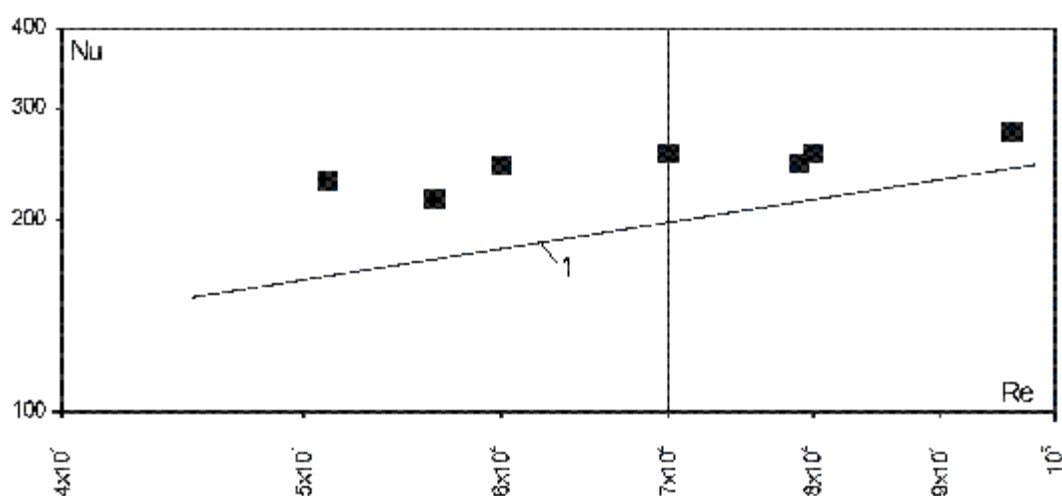


Рис.3. Средняя теплоотдача на выступах, установленных на выпуклой поверхности; 1 – то же в прямом канале; $H/d = 1,43$

Сопоставление коэффициентов гидравлического сопротивления и теплоотдачи показало, что переход от прямого канала с полусферическими выступами к криволинейному приводит к увеличению значений ξ и Nu . Причем сопротивление увеличивается несколько более интенсивно, чем теплоотдача.

Список литературы: 1. Халатов А.А., Шевчук И.В., Авраменко А.А., Кобзарь С.Г., Железная Т.А. Термогазодинамика сложных потоков около криволинейных поверхностей: Ин-т техн. теплофизики НАН Украины, 1999. – 300с. 2. Шукин А.В., Козлов А.П., Агачев Р.С., Чудновский Я.П. Интенсификация теплообмена сферическими выемками при воздействии возмущающих факторов / Под ред. акад. В.Е. Алемасова. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2003. 143с.

КИНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Авдейчик О.В., Костюкович Г.А., Кравченко В.И., Струк В.А. (Лаборатория «Уникард» ОАО «Белкард», 230023 г. Гродно, ул. Ожешко, 22, Беларусь)

The analysis of particularities of the operation industrial enterprise with liked production potential and functionality of product is indicative a kinetic regularities of forming of innovation potential, providing a realization of strategies of the firm development in condition of the transitional period.

Введение. Инновационное функционирование промышленности является безальтернативной стратегией устойчивого развития агропромышленного комплекса Беларуси [1]. Согласно современной терминологии «инновация» – это конечный результат инновационной деятельности, получившей воплощение в виде нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности, либо в новом подходе к социальным услугам [1, 2]. Такая формулировка понятия «инновация» предполагает наличие временного фактора его формирования и развития, обуславливающего реализацию всех стадий инновационного процесса – от разработки до промышленного изготовления и применения инновационного продукта в соответствии с функциональным назначением. Как и различные процессы в области физико-химии и технологии материалов, термодинамике и др. фундаментальных явлениях, обеспечивающих функционирование машиностроительного комплекса и жизнедеятельность социума, технико-экономические процессы, к которым относится инновационная деятельность, не являются, как правило, линейными, а представляют собой функцию, зависящую от различных переменных факторов. Установлен нелинейный характер глобальных макроэкономических процессов, включающих периоды подъема, стабилизации и стагнации производственных процессов [3]. Следует полагать, что и инновационные процессы, даже в условиях интенсивного развития предприятия на базе оптимального сочетания новых методологических и технологических подходов в системе менеджмента, технологии, интеллектуального обеспечения, обладают специфическими кинетическими особенностями. Это предположение подтверждает, например, экспериментально установленные факты скачкообразного развития технологий нового поколения, т. н. «нанотехнологий», обеспечивших появление принципиально новых видов продукции и быстрое расширение рынка услуг для потребителей.

Цель настоящей работы состояла в исследовании кинетических особенностей инновационной деятельности промышленных предприятий, выпускающих продукцию для автотракторного машиностроения. В качестве объектов исследований были выбраны близкие по производственным мощностям предприятия: ОАО «Белкард» и ОАО «Гродненский завод автомобильных агрегатов», являющиеся крупнейшими производителями в СНГ карданных валов, амортизаторов и тормозных камер для автомобилей, железнодорожной и сельскохозяйственной техники.

Результаты и обсуждение. Формализованные представления об инновационной деятельности как многоаспектном процессе, сочетающем материально-технические, технологические, управленческие и интеллектуальные ресурсы [1, 3, 4], позволяет представить кинетику развития производственного потенциала в течение времени функционирования субъекта хозяйствования в условиях устойчивого развития в виде различных функциональных зависимостей (рис. 1, кривые 1, 2, 3). При этом возможны варианты пропорционального (1), ускоряющегося (3) и замедляющегося (2) характера накопления производственного потенциала P_n . Понимая под производственным потенциалом совокупность материально-технических, технологических, финансовых, менеджерских и интеллектуальных ресурсов, обеспечивающих функционирование промышленного предприятия в рамках действующей нормативно-правовой системы хозяйствования, отметим, что наиболее характерной кинетической закономерностью его формирования является зависимость с насыщением (рис. 1, кривая 2). Это обусловлено

объективными обстоятельствами, связанными с амортизацией оборудования, насыщением рынка, снижением эффективности основных технологических процессов, производственного оборудования и т. п.

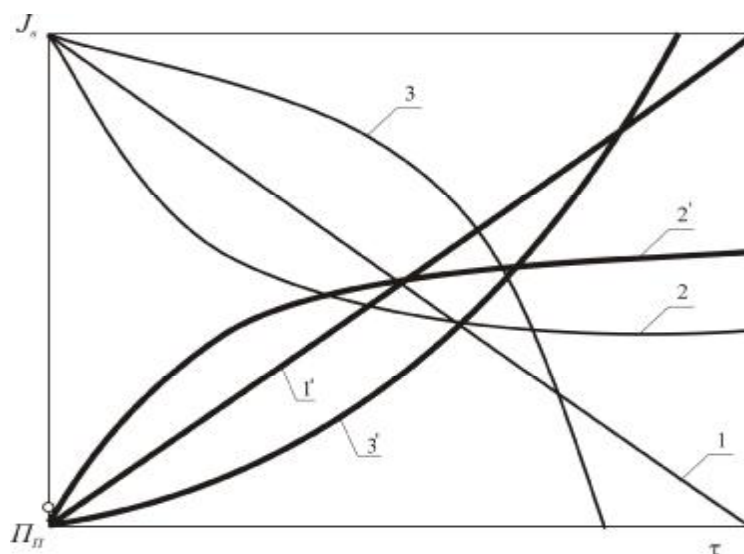


Рис. 1. Зависимость производственного потенциала Π_p (1, 2, 3) и инновационной восприимчивости I_g (1', 2', 3') при различных стратегиях устойчивого развития: 1, 1' — пропорциональной; 2, 2' — замедляющейся; 3, 3' — ускоряющейся

Производственный потенциал, сформированный на базе инновационной стратегии развития промышленного предприятия, является основой инновационного потенциала, который представляет собой совокупность материально-технических, технологических, финансовых, менеджерских и интеллектуальных ресурсов предприятия, обеспечивающий ему преимущественное положение на рынке.

Такое определение понятия «инновационный потенциал» базируется на его изначальной сущности, принятой специалистами различных областей знаний. Термин «потенциал» образован от латинского *potentia* — сила, и обозначает скрытую возможность, способность, силу, могущую проявиться в известных условиях [2]. Применительно к производственной деятельности промышленного предприятия этот термин представляет собой многофакторное понятие, сочетающее все аспекты устойчивого функционирования субъекта хозяйствования. Как следует из первоначального содержания понятия «инновационный потенциал» формирует специфическую особенность предприятий с близкой материально-технической и технологической базой с различной скоростью и эффективностью трансформироваться в условиях эволюционирующего рынка и позиционироваться на рынке. Данную особенность характеризуют термином «инновационная восприимчивость». Это сравнительно новое понятие, которое различные исследователи активно используют для характеристики особенностей процесса инновационного развития как отдельных субъектов хозяйствования, так и региональных и межрегиональных формирований различной структуры и функционального назначения [1, 5, 6]. Вместе с тем, существует некоторая неопределенность этого важного понятия, что не позволяет применять его в должной мере при рассмотрении современных тенденций развития инновационных процессов в различных сферах жизнедеятельности социумов. На наш взгляд, ключевым признаком содержания понятия «инновационная

восприимчивость» является эффективность использования субъектом хозяйствования интеллектуального ресурса, который представляет собой совокупность материальных и нематериальных активов различного содержания [7]. Неотъемлемой чертой интеллектуального ресурса является его перманентное развитие и совершенствование, адекватное трансформированию социальных, политических, экономических, экологических и других аспектов функционирования государства и надгосударственных структур. С учетом этих характерных особенностей под «инновационной восприимчивостью» будем понимать способность промышленного предприятия, эффективно использовать инновационный потенциал для прогрессивного функционирования и развития, адекватных действующим особенностям рынка на региональном, государственном и межгосударственном уровнях. Очевидно, что кинетические особенности развития инновационной восприимчивости I_e промышленного предприятия функционально подобны кинетике формирования производственного потенциала (рис. 1, кривые 1'–3').

Формализуя в известной степени производственный процесс и представляя его как совокупность целевых мероприятий, обеспечивающих выпуск продукции с потребительскими параметрами, обуславливающими получение достаточной прибыли от ее реализации на рынке, можно показать, что кинетика формирования инновационного потенциала I_n имеет свои характерные особенности (рис. 2). Безусловным признаком инновационной восприимчивости промышленного предприятия является высокий уровень исходного инновационного потенциала I_o . Это обстоятельство вытекает из определения инновационной деятельности, как процесса, обеспечивающего получение продукции с более высокими потребительскими характеристиками, чем изготавливаемой по традиционной технологии. Исходный инновационный потенциал оптимально сочетает интеллект кадров, культуру менеджмента, корпоративную культуру стратегии развития, конкурентноспособность продукции, технологический уровень производства, адекватность оборудования, адекватность контроля качества всех стадий производства и др. компоненты. Рост начального потенциала I_o в течение некоторого периода Dt_p , обусловлен совершенствованием исходных компонентов вследствие формирования корпоративной культуры, интеллектуального обеспечения высокого уровня, совершенствования производственных связей на всех стадиях процесса.

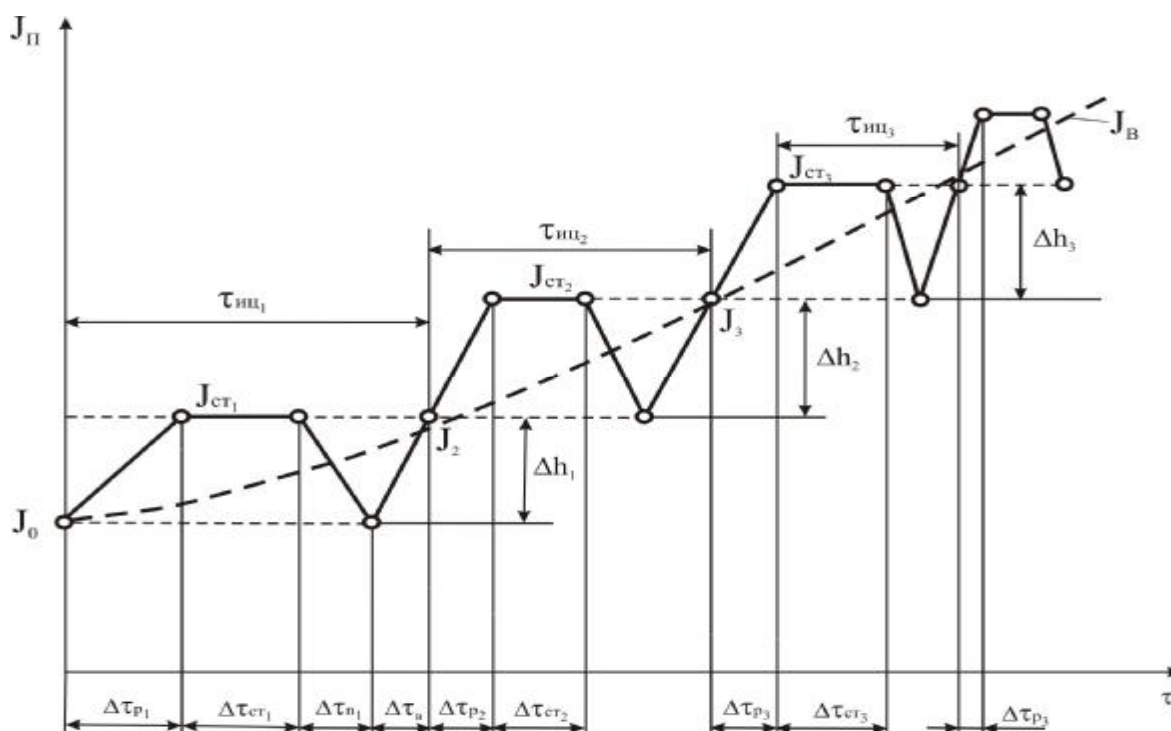


Рис. 2. Кинетика формирования инновационного потенциала I_n в течение времени функционирования промышленного предприятия t . Пояснения в тексте

Период стабилизации потенциала Dt_{CT} наступает вследствие формирования оптимальной структуры производства, основанной на усовершенствованных исходных компонентах. Интеллектуальное обеспечение на этом уровне адекватно действующему производству, однако не ускоряет (не катализирует) инновационное развитие. Наблюдается своеобразный эффект «самодостаточности» интеллектуального обеспечения инновационного процесса. После истечения Dt_{CT} наступает закономерный период падения инновационного потенциала Dt_n , обусловленный амортизацией и моральным старением технологии и парка оборудования, стабилизацией профессиональных навыков персонала на всех стадиях производственного цикла, насыщением сектора рынка аналогами, повышением нормативных требований к экологическим, эргономическим и др. опосредованным показателям качества. Эту стадию характеризуют стабильные (неагрессивные) уровни менеджмента и маркетинга, недостаточный уровень патентной защиты и появление близких аналогов, прекращение срока действия преференций и охранных документов и т. п.

Инновационный цикл функционирования предприятия $t_{ин}$ включает четыре характерных периода:

$$t_{ин} = \Delta t_p + \Delta t_{CT} + \Delta t_n + \Delta t_\epsilon \quad (1)$$

В этом цикле Dt_ϵ – период восстановления инновационного потенциала, обусловленный целевой переподготовкой обслуживающего персонала всех уровней, введением новых инновационных подразделений в структуру предприятия, появлением кадров высокой квалификации (менеджеров, ИТР), совершенствованием выпускаемой продукции (продолжение модельного ряда, появление перспективных моделей), внедрением энерго-, материалосберегающих разработок (технологий, оборудования, материалов и т. п.), предос-

тавлением предпочтений на государственном и межгосударственном уровнях. Период восстановления Dt_e продолжается до формирования уровня потенциала стабилизации I_{CT} . Далее наступает очередная стадия роста инновационного потенциала.

Для обеспечения устойчивого развития предприятия глубина падения инновационного потенциала Dh не должна превышать уровень исходного потенциала I_o , т. е. процесс стагнации производственной деятельности не должен разрушить исходную производственную структуру на основании неэффективного менеджмента, потери рынка и перепрофилирования предприятия, форс-мажорных обстоятельств, обусловленных стихийными бедствиями, принятием новых нормативных государственных и межгосударственных актов, изменением политической структуры государства, формирования межгосударственных структур и блоков и т. п. При превышении Dh исходного I_o наступает регресс, который необратимо разрушает основу инновационной деятельности и предприятие теряет статус и рынок.

Новый исходный уровень инновационного потенциала I_2 для последующего инновационного цикла функционирования должен соответствовать уровню потенциала стабилизации предыдущего цикла I_{CT1} . Очевидно, что нарушение этого условия приведет к замедлению стадии роста потенциала Dt_{p2} и затруднит формирование расширенного рынка сбыта инновационной продукции.

На каждом последующем цикле функционирования глубина падения потенциала Dh должна уменьшаться, т. е. $\Delta h_1 > \Delta h_2 > \Delta h_3 > \Delta h_n \dots$. Это условие обеспечивает непрерывное повышение инновационного потенциала предприятия I_n .

Очевидно, что в условиях статистически неопределенного развития мировой экономики, основанной на концепции максимального удовлетворения потребностей (спроса), суммарная продолжительность инновационных циклов должна сокращаться, т.е.:

$$t_{ин1} > t_{ин2} > t_{ин3} \dots \quad (2)$$

При этом условии сокращается и период стабилизации инновационного потенциала ($t_{CT1} > t_{CT2} > t_{CT3} \dots$) и должны сокращаться продолжительность периода роста Dt_p и глубина падения Dh инновационного потенциала, т. е.:

$$\Delta t_{p1} > \Delta t_{p2} > \Delta t_{p3} \dots \text{ и } \Delta h_1 > \Delta h_2 > \Delta h_3 \dots \quad (3)$$

Соблюдение рассмотренных модельных условий функционирования инновационного предприятия обеспечит поступательный рост инновационного потенциала и инновационной восприимчивости I_b (рис. 2) в течение длительного периода и реализацию стратегии прогрессивного устойчивого развития.

Основным критерием целесообразности выбранной инновационной стратегии развития промышленного предприятия является экономическая эффективность – комплексный показатель, отражающий совокупность всех аспектов хозяйственной деятельности. Проблема адекватной оценки эффективности инновационной деятельности в настоящее время не решена в полном объеме, и существуют различные подходы для ее решения [8]. Формализовав этот показатель для некоторой модельной хозяйственной структуры, можно установить характерные кинетические особенности его развития в течение времени функционирования (рис. 3).

Рассмотрим характерные стадии формирования показателя $\mathcal{E}_{эф}$. Промышленное предприятие в начале своей производственной деятельности обладает исходной (расчетной) экономической эффективностью $\mathcal{E}_o$, обусловленной сочетанием технико-экономических,

технологических, управленческих, интеллектуальных, политических и др. ресурсов. Исходная $\mathcal{E}_0$ в течение некоторого периода t_0 – периода выхода (становления) на проектные мощности – остается стабильной или даже несколько уменьшается ($\mathcal{E}_{01}$) вследствие незапланированных затрат на формирование устойчивой инфраструктуры производства и инфраструктуры потребления. Показатель исходной экономической эффективности функционирования инновационного промышленного предприятия обусловлен исходной структурой, а также предпочтениями, выданными на региональном, государственном и межгосударственном уровнях. С течением времени функционирования $\mathcal{E}_{эф}$ трансформируется. Продолжительность $t_{эп}$ – периода экономического роста эффективного развития предприятия – определяется временем совершенствования инновационной инфраструктуры и зависит от инновационного потенциала предприятия, который определяет качество производимой продукции, ее конкурентноспособность, качество менеджмента и маркетинга и др. компонентов. Период стабильного экономического функционирования ($t_{эс}$) устанавливается после достижения проектной мощности и формирования оптимальной инфраструктуры материально-технического обеспечения производства и реализации продукции. Продолжительность этого периода определяется адекватностью реально существующих технико-экономических, технологических, интеллектуальных и др. ресурсов выбранному решению при обосновании технического задания на проектирование предприятия. Важное влияние на этот показатель имеет конкурентноспособность продукции, уровень ее правовой защиты от недобросовестной конкуренции и аналогов, учет современных требований к экологичности производства и потребления, повышения требований по безопасному и эргономичному использованию продукции.

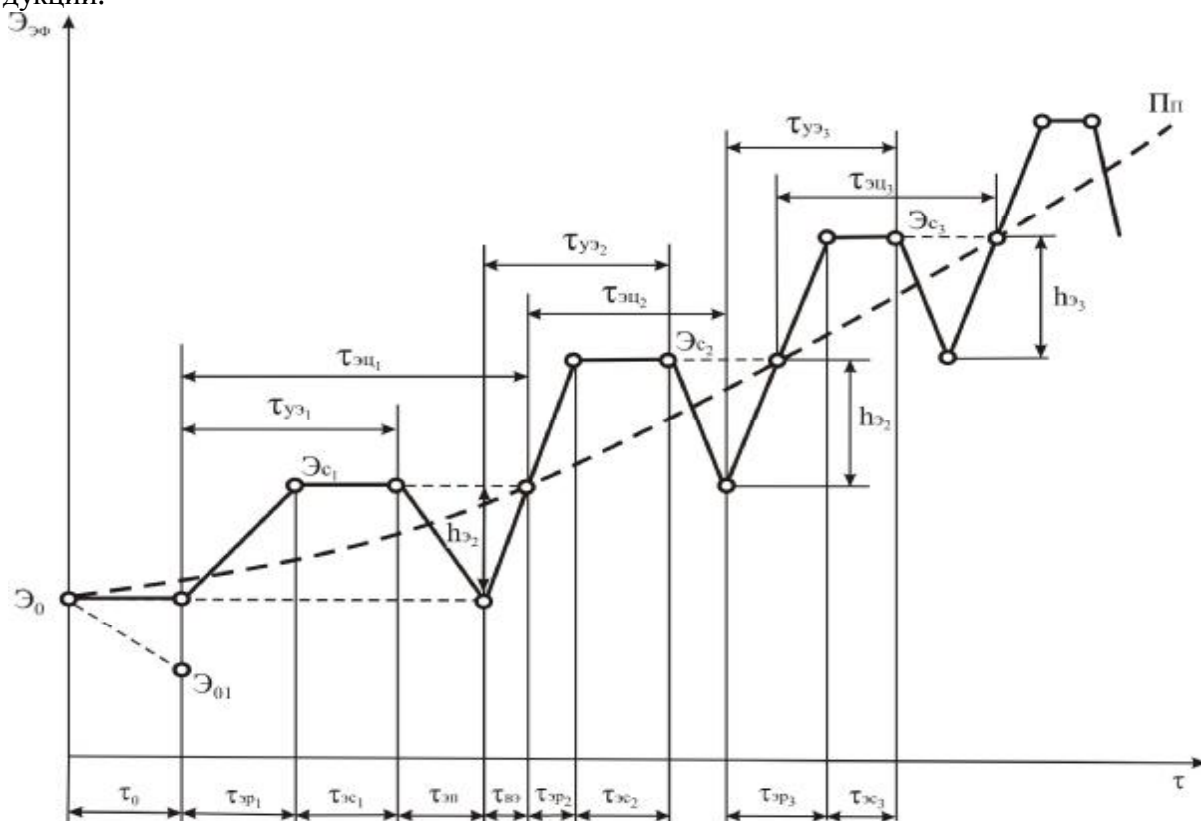


Рис. 3. Кинетика формирования экономической эффективности $\mathcal{E}_{эф}$ в течение времени функционирования промышленного предприятия. Пояснения в тексте

Период стабильного экономического функционирования неизбежно сменяется периодом падения экономической эффективности $t_{\text{эп}}$ вследствие амортизации оборудования и увеличения затрат на его функционирование, увеличения доли затрат на прогрессивную оплату труда персонала, морального устаревания продукции, появления эффективных аналогов и развития недобросовестной конкуренции, насыщения рынка и изменения конъюнктуры, появление аналогов с более высокими потребительскими характеристиками.

Уровень падения экономической эффективности h_3 не должен превосходить показатель исходной эффективности, т. к. в противном случае производство становится неэффективным, что неизбежно приводит к стагнации и прекращению функционирования. В этом случае предприятие теряет свои инновационные признаки.

Инновационные мероприятия различного уровня обеспечивают повышение эффективности производства и период $t_{\text{эп}}$ сменяется периодом $t_{\text{эп}}$, который приводит к достижению более высокого уровня эффективности $\mathcal{E}_{2c}$.

В современных условиях функционирования промышленных производств продолжительность периодов $t_{\text{эп}}$ и $t_{\text{эс}}$ сокращается, т. е.:

$$t_{\text{эп}1} > t_{\text{эп}2} > t_{\text{эп}3} \dots, t_{\text{эс}1} > t_{\text{эс}2} > t_{\text{эс}3} \dots, \quad (4)$$

а относительное увеличение показателя экономической эффективности $\mathcal{E}$ понижается, т. е.:

$$\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_0} > \frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} > \frac{\mathcal{E}_3}{\mathcal{E}_2} \dots \quad (5)$$

При реализации стратегии устойчивого развития инновационного предприятия величина относительного падения показателя экономической эффективности в разных циклах функционирования имеет тенденцию к снижению, т. е.:

$$h_1 > h_2 > h_3. \quad (6)$$

Цикл эффективного функционирования инновационного предприятия ($t_{\text{уэ}}$) таким образом, состоит из трех периодов: $t_{\text{уэ}} = t_{\text{эп}} + t_{\text{эс}} + t_{\text{эн}}$, а цикл устойчивого функционирования ($t_{\text{эц}}$) – из четырех: $t_{\text{эц}} = t_{\text{эп}} + t_{\text{эс}} + t_{\text{эн}} + t_{\text{эв}}$.

Необходимым условием реализации стратегии устойчивого развития промышленного предприятия является обеспечение эффективности инновационных решений на различных стадиях производственного процесса путем корреляции временных циклов развития (накопления) инновационного потенциала $t_{\text{иц}}$ и экономической эффективности $t_{\text{уэ}}$ и $t_{\text{эц}}$ (рис. 4).

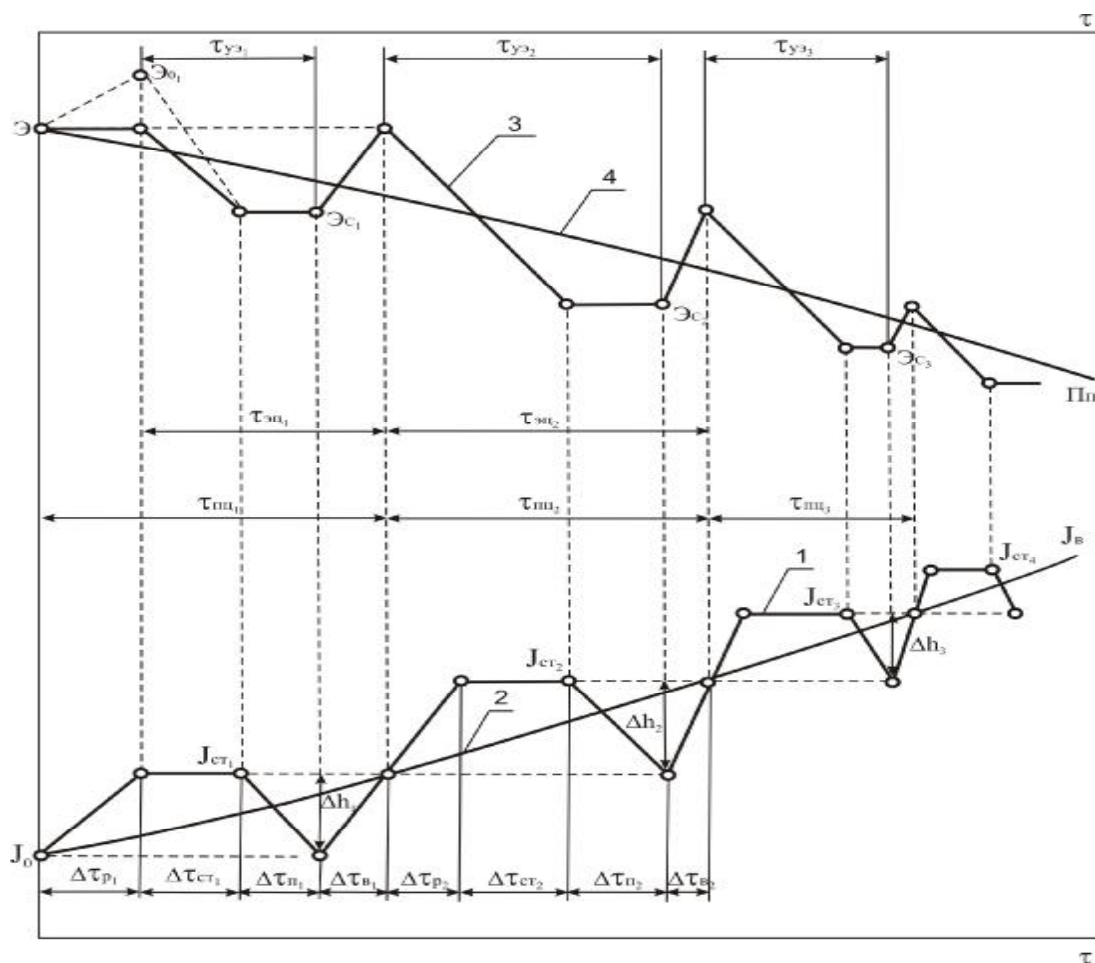


Рис. 4. Корреляция кинетических зависимостей изменения инновационного потенциала (1), экономической эффективности (3) и формирования инновационной восприимчивости (2) и производственного потенциала (4). Пояснения в тексте

Очевидно, что абсолютная корреляция временных циклов возможна для модельного предприятия, функционирующего при оптимальном сочетании внешних и внутренних структурных факторов. Для промышленных предприятий реальной экономики переходного периода в условиях значимых регулирующих воздействий административно-управленческого характера корреляция кинетических закономерностей возможна при всестороннем учете возможных рисков на стадии формирования бизнес-планов по инновационным проектам и создании системы устойчивого и permanently совершенствующегося интеллектуального обеспечения тактических и стратегических действий менеджмента. Одним из путей реализации этих условий является создание в структуре промышленного предприятия инновационного подразделения, координирующего научно-исследовательские, опытно-конструкторские, технико-экономические проекты различного уровня на всех стадиях производственного процесса. Подобными структурами, эффективность которых доказана на протяжении многих лет, являются научно-технические центры (НТЦ), наделенные значительными административно-управленческими полномочиями [7–9]. Практика функционирования НТЦ на ОАО «Белкард» свидетельствует о целесообразности формирования подобных инновационных подразделений на ведущих промышленных предприятиях региона при координации с научно-исследовательскими организациями и учреждениями различной принад-

лежности в рамках научно-исследовательских программ различного уровня. Отсутствие подобной координирующей структуры, например, на ОАО «Гродненский завод автомобильных агрегатов» во многом обусловило нестабильность его функционирования и потерю значительной части рынка реализации выпускаемой продукции.

Список литературы: 1. Степаненко Д.М. Инновационная политика Республики Беларусь. – Мн.: Право и экономика. – 2005. – 283 с. 2. Советский энциклопедический словарь /Гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Советская энциклопедия. – 1984. – 1600 с. 3. Глазьев С.Ю. Экономическая теория технологического развития. – М.: Наука. – 1990. – 232 с. 4. Войтов И.В. Научно-техническая и инновационная политика в Республике Беларусь //Мат. респ. научно-практ. конф. «Научно-инновационная политика в регионах Беларуси». – Мн.: ГУ «БелИСА». – 2005. – С. 3–6. 5. Свириденко А.И. Проблемы организационного и инфраструктурного обеспечения научно-инновационной деятельности на региональном уровне //Мат. респ. научно-практ. конф. «Научно-инновационная политика в регионах Беларуси». – Мн.: ГУ «БелИСА». – 2005. – С. 7–9. 6. Серебряков Д.А. Практика и перспективы научно-технического сотрудничества Гродненского государственного университета им. Янки Купалы с предприятиями Гродненского региона //Мат. респ. научно-практ. конф. «Научно-инновационная политика в регионах Беларуси». – Мн.: ГУ «БелИСА». – 2005. – С. 63–64. 7. О.В. Авдейчик, В.И. Кравченко, Г.А. Костюкович. Интеллектуальное обеспечение инновационной деятельности промышленных предприятий //Мат. респ. научно-практ. конф. «Научно-инновационная политика в регионах Беларуси». – Мн.: ГУ «БелИСА». – 2005. – С. 76–78. 8. Авдейчик О.В. Экономическая эффективность инновационных проектов: методологический и прикладной аспекты. – Гомель: ИММС НАН Б. – 2005. – 114 с. 9. Методологические аспекты инновационной деятельности машиностроительных предприятий /О.В. Авдейчик, В.И. Кравченко, Г.А. Костюкович и др. //Вестник Могилевского государственного университета. – № 1 (6). – 2004. – С. 8–10. 10. Кравченко В.И. Структура и технология композиционных материалов для конструкций карданных передач серии «Белкард-2000». Автореф. ... дисс. канд. техн. наук. – Новополоцк. – 2002. – 18 с. 11. Костюкович Г.А. Композиционные материалы для универсальных шарниров карданных передач автотракторной и сельскохозяйственной техники. Автореф. ... дисс. канд. техн. наук. – Мн.: – 2003. – 17 с.

ПОНЯТИЙНЫЙ АППАРАТ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Авдейчик О.В., Кравченко В.И., Костюкович Г.А., Струк А.В. (УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», 230023 г. Гродно, ул. Ожешко, 22, Беларусь, ОАО «Белкард»)

Contents of terms "technology" and "innovation" is considered. The unity and intercoupling of terms is shown in consequence of intellectual components .

Введение. Ключевой составляющей стратегии устойчивого развития государства является инновационная политика, представляющая собой «совокупность мероприятий органов государственной власти, направленных на обеспечение стимулирующего воздействия на субъекты экономики с целью выпуска ими новых конкурентоспособных видов продукции, разработки и внедрения новых прогрессивных технологий, новшеств организационного, экономического, социального и иного характера [1]. Не рассматривая структурный и содержательный уровень подобного определения «инновационной

политики», отметим ее важнейший компонент, состоящий в «разработке и внедрении прогрессивных технологий и новшеств».

Инновационное развитие, как отдельных субъектов хозяйствования, так и региональных, государственных и межгосударственных структур является безальтернативным повышением их конкурентоспособности и обеспечения стабильного функционирования [2, 3]. Роль фактора инновационного развития непрерывно возрастает, что обусловлено не только тенденциями политики глобализации, но и прогрессирующей потребительской ориентацией общества. В таких условиях конкурентоспособное качество продукции и эффективность ее производства обусловлены инновационным потенциалом производителя.

Многочисленные литературные источники, посвященные исследованию различных аспектов инноваций, как определяющего компонента экономики устойчивого прогрессивного развития, отмечают особую роль в содержании понятий «инновационная политика», «инновационный потенциал», «инновационный процесс», «инновационная сфера», «инновационная восприимчивость» творческого начала, которое является совокупным результатом качественного образования, эффективного стимулирования, надежной правовой защиты, рационального научного менеджмента, специфического воздействия среды обитания и функционирования и др. факторов прямого и опосредованного действия [1-10]. Вместе с тем, однозначные критерии оценки творческого начала в инновационном процессе в настоящее время не разработаны. Поэтому используют субъективные (экспертные) критерии, либо т.н. «инновационный индекс», который является комплексным показателем, в том числе, учитывающим уровень интеллектуальной подготовки основных участников жизненного цикла продукции [3].

Результаты и обсуждение. Содержание многоаспектного понятия «инновация» до настоящего времени является неустоявшимся и непрерывно расширяется в связи с трансформацией взглядов на место технических достижений в жизненном процессе человека и общества. Впервые предложенное автором термина «инновация» Шумпетером Й. определение как «непостоянного процесса внедрения новых комбинаций, охватывающих пять направлений: изготовление нового блага или создание нового качества существующего, внедрение нового метода (способа производства, или способа коммерческого использования соответствующего товара), освоения нового рынка сбыта, получение нового источника сырья или полуфабрикатов, проведение соответствующей реорганизации производственной структуры» [8], однозначно предполагает наличие соответствующего уровня интеллекта персонала. Другие трактовки инновации как «прогрессивного нововведения» [11], «внедрение новых или значительно модернизированных процессов производства» [12], «появление новых или усовершенствование старых процессов и продуктов...» [13] опосредовано содержат предпосылку высокой квалификации хотя бы одного уровня производства: технологического, управленческого, материального.

В монографии [1] инновацию рассматривают как «создаваемые или усовершенствованные технологии, виды продукции или услуги, а также решения производственного, организационного, экономического, социального, финансового, юридического, коммерческого или иного характера, имеющие результатом их внедрения и последующего практического применения положительный эффект для задействовавших их субъектов экономической деятельности». Не рассматривая правомочность использования отдельных признаков в данном определении, отметим, что базовым условием оно предполагает адекватный потенциал исполнителей различного уровня на стадиях жизненного цикла продукта.

Анализ содержания понятийного аппарата, описывающего инновационную сферу, позволяет отметить аналогию содержательных признаков, соответствующих понятиям «инновация» и «техника». Более того, современные исследования философии техники [14] свидетельствуют о терминологической и содержательной зависимости этих категорий (табл. 1).

Первоначальное рассмотрение понятия «техника» как простого применения научных открытий, т.е. деятельности интеллектуально более низкого порядка, не заслуживающего философского исследования, в результате углубленного анализа всех аспектов приобрело новое содержание [14]. Этимологическая основа понятия «техника» (*technique, technik*) – понятие «*te'chnē*» - изначально означало «искусство во всякого рода производстве» [14]. Современные исследователи на основе представлений, сформулированных Платоном, Софоклом, Сократом, Гомером [15], считают технику результатом «организации знания, которое контролируется научными методами, и может быть использовано для контроля, преобразования или создания природных или социальных, пригодных для каких-либо практических целей, вещей или процессов, которые считаются ценными» [7]. Таким образом, «техника» в современном понимании «является одной из форм человеческой деятельности подобно науке, искусству, религии или спорту». Эта деятельность является «созидательной, материально-производственной или предметно-преобразовательной, целесообразной, общая цель которой состоит в расширении человеческих возможностей, основанных на знании, использовании ресурсов, и методологической, опирающейся на сферу социально-культурного влияния, и обогащающейся ментальными установками практиков» [7].

Анализируя содержание понятий «техника» и «инновация», нетрудно заметить их взаимосвязанность и наличие родственных признаков. Более того, современные представления о «технике» как особой сфере деятельности человека и развития общества свидетельствуют об исходном наличии в этом понятии признаков, относящихся к понятию «инновация».

Любой продукт технической деятельности содержит элементы новизны в виде использованных материалов, технологий, дизайнерского решения, цветовой гаммы и т.п., т.е. характерных признаков инновационной продукции [1]. Ценностные области технической деятельности, определенные Комиссией Союза немецких инженеров [14], и инновационной [1] практически полностью совпадают. Поэтому рассмотрение особенностей понятийного аппарата, характеризующего инновационную сферу, целесообразно производить с использованием разработанных представлений феномена «техника». Очевидно, сравнительно недавно сформулированная категория «инновация» фактически является расширенной современной трактовкой категория «техника» и при рассмотрении содержания этой категории обоснованно могут быть использованы представления, развитые философией техники [14].

Подобный содержательный феномен нередок и, на наш взгляд, наблюдается, например, в описании т.н. «нанообъектов» - нанотехнологий, наноматериалов, нанокomпонентов – объектов, объединяющим признаком которых является размер фаз, частиц, компонентов не более 100 нм [47]. Очевидно, что объекты с подобным признаком исследуются практически на протяжении всей истории существования различных отраслей фундаментальных и прикладных наук – материаловедения, технологии термической и химико-термической обработки, коллоидной химии, физико-химии полимеров и др. Однако выделение из этих объемных областей исследований нанообъектов методологически обосновано, т.к. позволяет уточнить границы сферы проявления особых

свойств материальных субстанций, находящихся на границе раздела микро- и макро-объектов.

Таблица 1. Содержание категорий «техника» и «инновация»

Категория	Содержание	Автор (источник)
Инновация	«Перед началом повышительной волны каждого большого цикла, а иногда в самом ее начале наблюдаются значительные изменения в условиях хозяйственной жизни общества. Эти изменения выражаются в той или иной комбинации, в значительных технических изобретениях и открытиях, в глубоких изменениях техники и обмена»	Н.Д. Кондратьев [18]
Кластеры взаимосвязанных инноваций	«Экономическое развитие – последовательность восходящих пульсаций, обусловленных распространением соответствующих кластеров взаимосвязанных инноваций»	Й. Шумпетер [8]
Технологический уклад	«Группа технологических совокупностей, связанные друг с другом однотипными технологическими цепями и образующие целостности»	С.Ю. Глазьев [19]
Инновация	«Изменения в первоначальной структуре производственного механизма. Процессы развития и дегенерации, происходящие в хозяйственном организме, и стихийные (нецеленаправленные) процессы»	Valenta F. [20]
Инновация	«Непостоянные процесс внедрения новых комбинаций. Предмет инноваций: продукт, производственный процесс, организация»	Й. Шумпетер [8]
Инновация	«Процесс»	Лапин В.Н. [21], Санто В. [23], Никсон Ф. [24], Медынский В.Г. [25], Твосс Б. [26]
Инновация	«Конечный результат деятельности»	Гохберг Л.М. [27], Молчанов И.Н. [28],
		Левинсон А. [29], Бешелев С. [30], Фатхутдинов Р.А. [9]
Инновация	«Итог инновационного процесса»	Степаненко Д.М. [1]
Инновация	«Источник развития, который охватывает все изменения в действиях и продуктах, которые способствуют экономическому прогрессу» «Инновации – прогрессивные нововведения»	Spuch W. [11]

Продолжение таблицы 1

Новшество	«Оформленный результат фундаментальных, прикладных исследований или экспериментальных работ в какой-либо сфере деятельности по повышению ее эффективности»	Фатхутдинов Р.А. [9]
Инновация	«Реализованное новшество, конечный результат его внедрения»	Фатхутдинов Р.А. [9]
Инновация	«Идея, указывающая на пути достижения общественных целей новым способом или достижения новых общественных целей»	La Pierre [31]
Идея	«Оформленная идея выступает в роли новшества». «Публичное озвучивание идеи может выступать в качестве толчка для инноваций»	Степаненко Д.М. [1]
Инновация	«Мероприятия организационного, производственного, экономического и иного характера, внедрение которых способно повысить эффективность деятельности реализующих их субъектов хозяйствования»	Степаненко Д.М. [1]
Инновация	«Появление новых или усовершенствование старых процессов и продуктов в хозяйстве отдельных фирм» и «внедрение новых или значительно модернизированных процессов производства»	Harman A.I. [12], Johnston R.E. [13]
Изобретение	«Изобретение становится нововведением, если получает успех на рынке»	Барютин Л.С. [32]
Инновация	«Технологическое нововведение, новое приложение технологических знаний, приводящих к рыночному успеху»	Каратаев А.С. [33]
Инновация	«Наиболее общие признаки: новизна, широкая область возникновения, ориентация на прогрессивное развитие»	Степаненко Д.М. [1]
Инновация	«Функции инновации как экономической категории: воспроизводственная, инвестиционная, стимулирующая»	Степаненко Д.М. [1]
Инновация	«Классификация: базисные, улучшающие и псевдоинновации»	Mensh G. [17]
Инновация	«Классификация: базисные, улучшающие, микроинновации, псевдоинновации»	Яковец Ю.В. [20]
Инновация	«Классификация: основанные на научных исследованиях существующих технических знаний, входящие в комбинации различных типов знаний в одном продукте, использованные в различных областях, технические новшества как побочный продукт крупных программ, как результат применения известных методов и техники в новой области»	Пэвит, Уолкер [34]
Инновация	«Итоговый результат создания и внедрения принципиально нового или модифицированного новшества, удовлетворяющий конкретные общественные потребности и дающий ряд эффектов (экономиче-	Д.Б. Шиманский [35]

	ский, научно-технический, социальный, экологический)»	
Инновация	«Успешная реализация новых идей»	Й. Кук, Г. Майес [35]
Инновация	«Новые продукты, процессы, услуги, осуществляемые в производстве, распределении, потреблении»	П. Бейо [36]
Инновация	«Результат творческой деятельности, направленной на разработку, создание и распространение новых видов изделий, технологий, внедрение новых организационных форм»	Словарь сост. В.Г. Горохов, В.Ф. Халипов [37]
Нововведение	«Развитие технологии, техники, управления на стадиях их зарождения, освоения, диффузии на других объектах»	Пригожин А.И. [38]
Инновация	«Внедрение чего-либо нового, какой-либо новой вещи, новинка, реформа»	Хучек М. [39]
Инновация	«Использование в той или иной сфере общества результатов интеллектуальной (научно-технической) деятельности, направленных на совершенствование процесса деятельности или его результатов»	Завлин Н.П. [34]

Продолжение таблицы 1

Инновация	«Конечный результат инновационной деятельности, получивший воплощение в виде нового или усовершенствованного продукта, внедренного на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности, либо в новом подходе к социальным услугам»	Международный стандарт [40]
Инновация	«Это новая идея, касающаяся изменений в какой-либо сфере деятельности людей»	Д.Б. Шиманский [35]
Техника	Три аспекта, составляющие технику: естественное измерение (наука, инженерная экология), индивидуальное, человеческое	Ropohl G. [4]
	измерение (антропология, психология, физиология, эстетика), социальное измерение (экономика, социология, политическая наука и историческая наука)	
Техника	«Форма человеческой деятельности наподобие науки, искусства, религии или спорта. Эта деятельность является созидательной, материально-производственной (предметно-преобразовательной), целесообразной, общая цель которой состоит в расширении человеческих возможностей, основанных на знании, использовании ресурсов, и методологической, опирающейся на сферу социально-культурного влияния и обогащаемой ментальными установками практиков»	McGinn R.E. [5]
Техника	«Технология техники: техника как объект (приборы, инструменты, машины); техника как знание	Mitcham G. [41]

	(умения, правила, теории); техника как процесс (изобретение, проектирование, изготовление, использование); техника как волеизъявление (воля, мотив, потребность, намерение)	
Техника	«Совокупность рационально выработанных методов, обладающих безусловной эффективностью (для данной ступени развития) в любой области человеческой деятельности»	Ellul I. [6]
Техника	«Организация знания, которое контролируется научными методами и может быть использовано для контроля, преобразования или создания природных или социальных, пригодных для каких-либо практических целей, вещей и процессов, которые считаются ценными»	Bunge M. [7]
Техника	«Куры ценностей производили яйца техники, яйца техники – кур ценностей со все возрастающей и расширяющейся способностью»	Boulding K.E. [42]
Te'chnē	Многостороннее «умение изготавливать полезные для жизни предметы, создавать искусственные, не существующие первоначально в природе объекты»	Античные представления по [14]
Техника	«Объект и результат культурного установления норм и устанавливающая определенные нормы составная часть жизненного мира, экономики, политики и культуры»	Rapp F. [43]
Te'chnē	«Искусство или мастерство плотника или строителя, искусство во всякого рода производстве»	Шадевальд В. [15]
Technika ars	«Искусство умелого производства»	Шадевальд В. [15]
Technik	«Субстанция всех средств и видов процедур, совершенное владение которыми является условием для в высшем смысле компетентной практики искусства и мастерства»	Шадевальд В. [15]
Technique	«Область процедур и действий, которые относятся к искусному производству всякого рода»	Шадевальд В. [15]
Te'chnē	«Продуктивное знание»	Шадевальд В. [15]
Техника	«Совокупность средств человеческой деятельности, создаваемых для осуществления процессов производства и обслуживания непродовольственных потребностей общества. В технике материализованы знания и опыт, накопленные в процессе развития общественного производства»	[16]

Продолжение таблицы 1

Инновационная деятельность	«Деятельность, ориентированная на внедрение прогрессивных нововведений, включающих разработку будущих инноваций, реализацию результатов законченных научных исследований и разработок либо иных научно-технических достижений в новый	Степаненко Д.М. [1]
----------------------------	---	---------------------

	или усовершенствованный продукт, реализуемый на рынке, в новый или усовершенствованный технологический процесс, используемый в практической деятельности, в новые или усовершенствованные решения в области организации производства и в социальной сфере, а также связанные с этим дополнительные научные исследования и разработки»	
Инновационная политика	«Совокупность мероприятий органов государственной власти, направленных на обеспечение стимулирующего воздействия на субъектов экономики с целью выпуска ими новых конкурентоспособных видов продукции, разработки и внедрения новых прогрессивных технологий, новшеств организационного, экономического, социального и иного характера»	Степаненко Д.М. [1]
Инновационная сфера	«Область деятельности, охватывающая собой создание и распространение инноваций»	Степаненко Д.М. [1]
Инновационный потенциал	«Совокупность различных видов ресурсов (материальных, финансовых, интеллектуальных, научных, технических и др.), необходимых для осуществления инновационной деятельности»	Степаненко Д.М. [1]
Инновационный процесс	«Комплекс действий, необходимых для подготовки и практического использования новых технических, организационных, экономических, социальных и иных решений»	Степаненко Д.М. [1]
Инновационная политика	«Совокупность различных мероприятий органов государственной власти (научно-технических, налоговых, производственных, юридических, контролирующих и иных), ориентированных на целенаправленное стимулирование инноваций»	Доклад Charpie «Технологические нововведения: управление и условия осуществления, 1967». По [44]
Инновационная политика	«Объединение в единый комплекс научно-технической и производственной сфер в деле создания и применения в производстве новых технологий, а также самого инновационного продукта»	Келле В.Ж. [45]
Инновационная политика	«Совокупность научно-технических, производственных, управленческих, финансово-бытовых и других мероприятий, связанных с продвижением новой или улучшенной продукции на рынок сбыта»	Бешелев С.Д. Гурвич Ф.Г. [30]
Инновационная политика	«Политика более широкого спектра»	Salomon J-J. [46]

Разработаны различные системы классификации инноваций по функциональному назначению, области применения, эффективности действия и другим признакам [1]. Характерной чертой всех классификаций является обязательное наличие элемента новизны, которая подтверждается интеллектуальным содержанием инноваций.

Понимая под «интеллектом» совокупность прогрессивного мировоззрения и адекватного оценивания окружающего мира на основе образовательных, культурологических, воспитательных, гуманистических, профессиональных и других навыков, необходимо отметить его особую роль в инновационной деятельности. При этом, на наш взгляд, следует различать понятия «интеллектуальный потенциал» и «интеллектуальный капитал», которые в ряде случаев применяют как синонимы [10, 46, 48]. Интеллектуальный потенциал представляет собой совокупность организационных, технологических, технико-экономических, образовательных и других действий, затрачиваемых субъектом хозяйствования, обладающим определенным интеллектуальным капиталом (материальными и нематериальными активами, персоналом и производственной сферой), на осуществление прогрессивного функционирования (инновационной деятельности). Интеллектуальный потенциал субъекта хозяйствования (человека, предприятия, региона, государства и т.п.) выражается в различных формах: материальных (объекты промышленного производства различного функционального назначения) и нематериальных (системы менеджмента и маркетинга, уровень здравоохранения, социальный статус и т.п.) продуктах [48-50].

Понятийный аппарат интеллектуальной компоненты инновационной деятельности в настоящее время в полном объеме не разработан, не смотря на то, что эта компонента составляет основу т.н. «промышленной собственности». Термин «промышленная собственность» согласно Парижской конвенции по охране промышленной собственности 1983» обобщает права на все виды творческой (интеллектуальной) продукции в сфере промышленной деятельности и некоторые приравненные к ним объекты. К ним относят: патенты на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки и знаки обслуживания, фирменные наименования, а также методы пресечения недобросовестной конкуренции. В Конвенции об учреждении Всемирной организации интеллектуальной собственности к объектам интеллектуальной собственности, наряду с указанными, дополнительно относят литературные, художественные произведения и научные труды, исполнительскую деятельность артистов, фонограммы и радиопередачи, научные открытия [48]. Сопоставление концептуального содержания этих Конвенций свидетельствует не только об их терминологическом единстве, но и существовании единой сущностной базы: объекты промышленной и интеллектуальной собственности являются продуктами интеллектуальной (творческой) деятельности.

Таким образом, современное содержание терминов «техника» и «инновация» основано на единой методологической и терминологической базе, обусловленной наличием интеллектуального компонента.

Список литературы: 1. Степаненко Д.М. Инновационная политика Республики Беларусь. – Мн: Право и Экономика, 2005. -283 с. 2. П.Г. Никитенко, Л.А. Платонова. Инновации как фактор повышения конкурентоспособности //Доклады НАН Беларуси. Т. 48, № 5. -2004. С. 112-115. 3. А.Ф. Бадюков. Инновационная деятельность как фактор повышения конкурентоспособность //Вестник ГрГУ, №1, серия 2. -2000. –С. 111-114. 4. Ropohl G. Die unvollkommene Technik. Frankfurt. -1985. 5. McGinn R.E. What is Technology? In.: Research in Philosophy and Technology. Vol. 1-5. Greenwich. Conn. 1978-1982. 6. Ellul I. La Technique ou l'enjeu du siècle. Paris, -1954. 7. Bunge M. The Philosophical Richness of Technology. In.: PSA 1976: Proceeding of the 1976 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Assotiation vol.2. East Lansing, Mich. -1977. 8. Шумпетер Й. Теория экономического развития. –М: -1982. -458 с. 9. Фатхутдинов Р.А. Инновационный менеджмент. Учебник. 4-е изд. СПб.: Питер. -2003. -400 с.

10. Лисиченок Е.П. Определение сущности интеллектуального капитала региона. //Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Д. -2004. –С. 52-56.
11. Spruch W. Strategia postępu technicznego. Warszawa. -1973.
12. Harman A.I. The International Computer Industry. Innovation and Corporative Adwantage. Cambrige (Mass.) Harvard University Press. -1971.
13. Iochnston R.E. Technical Progress and Innovation //Oxford Economic Papers. -1966. №2.
14. Философия техники в ФРГ: Пер. с нем и англ. /М: Прогресс. -1989. -528 с.
15. Шадевальд В. Понятия «природа» и «техника» у греков /В кн. «Философия техники в ФРГ» Пер. с нем и англ. /М.: Прогресс. -1989. -С. 90-103.
16. Советский энциклопедический словарь /Гл. ред. А.М. Прохоров. 3-е изд. –М: Советская энциклопедия. -1984. -1600 с.
17. Mensh G. Stalemate in technology: innovation overcome the depression. – Cambrige: Mass.-1979. -208 с.
18. Инновации: теория, механизмы, государственное регулирование. Учебное пособие /Под ред. Ю.В. Яковца. –М: Изд-во РАГС. -2000. -237 с.
19. Глазьев С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического анализа. –М: Владар. -1993.
20. Valenta F. Tvurci aktivita innovace efekty. –Praha. -1969.
21. Лапин В.Н. Социальные аспекты управления нововведениями. –М.: Экономика. -1989.
22. Брайан Т. Управление научно-техническими нововведениями. –М: Экономика. -1989.
23. Санто Б. Инновация как средство экономического развития. –М: Прогресс. -1990.
24. Никсон Ф. Инновационный менеджмент. –М: Экономика. -1977.
25. Медынский В.Г. Инновационное предпринимательство. –М: Экономика. -1989.
26. Твисс Б. Управление научно-техническими нововведениями. –М: Экономика. -1989.
27. Гохберг Л.М. Статистика науки инноваций: краткий терминологический словарь. –М: -1996.
28. Молчанов И.П. Инновационный прогресс. –СПб: -1995.
29. Левинсон А. Экономические проблемы управления научно-техническим прогрессом. Опыт системного анализа. –М: Экономика. -1973.
30. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Нововведения и мы. –М: Наука. -1990. -208 с.
31. La Pierre R.T. Social Change. NY. -1965.
32. Барютин Л.С. Управление техническими нововведениями в промышленности. –Л: -1981.
33. Каратаев А.С. Нововведения в промышленности США: разработка и внедрение. –М. -1981.
34. Инновационный менеджмент /Под ред. П.Н. Завлина, А.К. Казанцева, Л.Э. Миндели. СПб.: наука. -2000. -400 с.
35. Д.Б. Шиманский. Экономическая сущность и классификация понятия «инновация» (Вестник Полоцкого государственного университета. Экономические и юридические науки. №9. -2004. –С. 57-61.
36. Богдан И.И. Региональная инновационная политика. –Новополоцк: ПГУ. -2000. -358 с.
37. Научно-технический прогресс. Словарь /Сост. В.Г. Горохов, В.Ф. Халипов. –М: Политиздат. -1987. -263 с.
38. Пригожин А.И. Нововведения: стимулы и препятствия (социальные проблемы инноватики). –М: Политиздат. -1989. -271 с.
39. Хучек М. Инновации на предприятии и их внедрение. –М: Луч. -1992. -231 с.
40. Инновационный менеджмент. Учебник для вузов. /С.Д. Ильенкова, Л.М. Гохберг, С.Ю. Ягудин и др. Под ред. С.Д. Ильенковой. –М: Банки и биржи, ЮНИТИ. -1977. -327 с.
41. Mitcham G. Types of technology. In.: Research in Philosophy and Technology. Vol. 1-5. Greenwich. Conn. -1978-1982.
42. Boulding K.E. The Interplay of Technology and Values. In.: Values and the Future. New York. -1969.
43. Фридрих Рапп. Перспективы философии техники. В сб. «Философия техники в ФРГ». –М: Прогресс. -1989. -528 с.
44. Белов В.Н. К вопросу о российской инновационной политике. Зарубежный опыт //Инновационная политика и инновационный бизнес в России. Аналитический вестник. №5 (146). –М: -2001. –С. 16-27.
45. Келле В.Ж. Инновационная система в России: формирование и функционирование. –М: Едиториал УРСС. -2003. -148 с.
46. Salomon I.I. Les politiques d'innovation en Europe //Futuribles. P. 1989. N132. –p. 25-52.
47. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. Учеб. Пособие для

студентов ВУЗов. М.: изд. Центр «Академия». -2005. 192 с. **48.** Брукинг Э. Интеллектуальный капитал /Пер. с англ. под ред. Л.Н. Ковалик. –СПб.: Питер. -2001. -288 с. **49.** Гапоненко А.Л. Управление знаниями. –М: ИПК Госслужбы. -2001. -52 с. **50.** Олехнович Г.Н. //Интеллектуальная собственность и проблемы ее коммерциализации. Мн.: Амалфея. -2003. -128 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ, ПРОШЕДШИХ БАРОТЕРМИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ.

**Ажажа В.М., Свердлов В.Я., Ладыгин А.Н., Саенко С.Ю., Холмеев Г.А.,
Рудычева Т.Ю., Богуслаев А.В., Клочихин В.В., Лысенко Н.А.**
(ИФТТМТ ННЦ ХФТИ, г. Харьков; ОАО «Мотор – Сич», г. Запорожье, Украина).

Change of a microstructure of single crystal samples heat – resistant Nickel – base alloys under the influence of barothermal treatment has been investigated. Positive changes of a microstructure consisting in decreasing the parameters of brittle particles of eutectic $\gamma + \gamma'$, and carbides has been demonstrated at the same time micropore collapsed.

Исследование структуры жаропрочных сложнолегированных сплавов на основе никеля является актуальной задачей. Это обусловлено, главным образом, необходимостью повышения ресурса работы рабочих лопаток газотурбинных двигателей (ГТД). Одна из причин, препятствующих решению этой проблемы – наличие в микроструктуре литых лопаток крупных выделений эвтектических, карбидных составляющих, а также микропор усадочной или иной природы, которые являются концентраторами напряжений и способствуют преждевременному разрушению лопаток. Для оптимизации механических свойств жаропрочных никелевых сплавов проводят термообработку, состоящую из гомогенизации и старения [1]. В процессе гомогенизации происходит полное или частичное растворение грубых выделений эвтектики $\gamma + \gamma'$, уменьшение ликвационной неоднородности в осях дендритов и межосных пространствах, более полное выделение упрочняющей интерметаллидной γ' - фазы из γ – твердого раствора. Однако, длительная выдержка при высоких для жаропрочных никелевых сплавов температурах гомогенизации (1300 – 1320°C) приводит к увеличению объемной доли и среднего размера усадочных микропор. Избавиться от этого недостатка возможно путем применения баротермической обработки при всестороннем давлении аргона ~ 150 – 200 МПа. В этом случае происходит коллапс микропор, образовавшихся как за счет усадки при литье, так и по другим механизмам [2]. В данной работе приводятся результаты исследований микроструктуры жаропрочных никелевых сплавов ЖС26-ВИ и ЖС32-ВИ, прошедших баротермическую обработку при давлении аргона 230 и 180 МПа, соответственно.

Материалы и методика эксперимента

В качестве исходных материалов использовали сплавы ЖС26-ВИ и ЖС 32-ВИ. Химический состав этих сплавов [1] приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав (%мас.) жаропрочных сплавов

Сплав	Cr	Ti	Mo	W	Re	Ta	Al	Co	Hf	Nb	B	Zr	C	Σ
ЖС 26	5,0	1,0	1,1	11,7	-	-	5,8	9,0	-	1,6	0,015	0,05	0,15	12,8
ЖС 32	5,0	-	1,0	8,3	4,0	4,0	6,0	9,0	-	1,5	0,015	0,05	0,15	17,3

$$\Sigma = W + Re + Ta + Mo, \% \text{мас}$$

Монокристаллические образцы выращивали по технологии высокоградиентной направленной кристаллизации [3] с применением затравок, ориентированных направлением [001] вдоль направления роста. Температурный градиент на фронте направленной кристаллизации достигал $G_T \approx 400$ град/см. Скорость направленной кристаллизации составляла $R=20$ мм/мин. Выращенные образцы имели форму цилиндров диаметром 20 мм и высотой 170 мм.

Высокотемпературную изобарическую обработку образцов проводили на лабораторной газостатической установке ГАУС-4/2000-35.

Рабочие параметры установки ГАУС-4/2000-35:

рабочий газ – аргон; максимальное давление – 400 МПа; максимальная температура – 2000 °С; размеры внутripечного пространства: диаметр 35 мм, высота 170 мм.

Давление газа до 400 МПа в установке создается криогенным термокомпрессором КРИТ-4Л. Компрессор разработан и изготовлен в ННЦ ХФТИ, он не имеет многих недостатков, присущих поршневым, мембранным газовым компрессорам и мультипликаторам. Действие термокомпрессора основано на последовательности операций предварительного охлаждения до жидкого состояния и дальнейшего нагрева в замкнутом объеме рабочей газа аргона. Особенностью такого компрессора является отсутствие в конструкции движущихся механизмов, следовательно, отсутствие износа трущихся деталей, приводящих к загрязнению газовой среды продуктами износа и смазочными материалами. Монокристаллические образцы литых сплавов размещали при помощи специальной оснастки в рабочей зоне. Температуру вблизи образца контролировали вольфрамом - рениевыми термопарами WRe₅-WRe₂₀.

Управление нагревом в установке ГАУС-4/2000-35 осуществляется в автоматическом режиме по заданной программе при помощи микропроцессорного прецизионного регулятора температуры ПРТЕРМ-100 (точность поддержания температуры в режиме выдержки ± 1 °С). При обработке образцов был установлен темп нагрева 30 °С/мин, темп охлаждения - 15 °С/мин.

Таблица 2 - Параметры баротермической обработки образцов .

Сплав	Давление, МПа	Температура. °С	Время обработки, ч
ЖС26-ВИ	230	1280	2
ЖС32-ВИ	180	1300	2

Шлифы с рабочей плоскостью [001] для металлографических исследований вырезали из образцов вулканитовым кругом и затем подвергали механической шлифовке и полировке алмазными пастами. На заключительном этапе шлифы обрабатывали электролитической полировкой. Микроструктуру образцов исследовали с помощью оптических микроскопов Neophot – 32 и ММР – 4 , а также методом электронной растровой микроскопии с использованием микроскопов JСMT – 300 и РЕММА. Микротвердость HV определяли на приборе ПМТ – 3 при нагрузке $P=100$ г. Определение степени совершенства монокристаллов проводили методами рентгеноструктурного анализа на дифрактометре «ДРОН – 4» в Cu K_α - излучении.

Результаты и их обсуждение

Исследование микроструктуры монокристаллов сплавов ЖС26-ВИ и ЖС32-ВИ показало, что они представляют собой сложные гетерогенные системы, основными фазами в которых являются ГЦК – аустенит (γ – матрица) на основе никеля; интерметаллидная γ' – фаза на основе Ni_3Al ; $\gamma + \gamma'$ эвтектическая фаза; карбиды типа MeC и Me_{23}C_6 ; двойной карбид типа $\text{Ni}_3\text{W}_3\text{C}$; карбонитриды типа $\text{Me}(\text{C},\text{N})$; карбоборид типа $\text{Me}_{23}(\text{C},\text{B})_6$ и бориды Me_3B_2 , Me_3B_3 , Me_2B . (См. Рис.1). Микроструктура обоих сплавов в литом состоянии идентична.

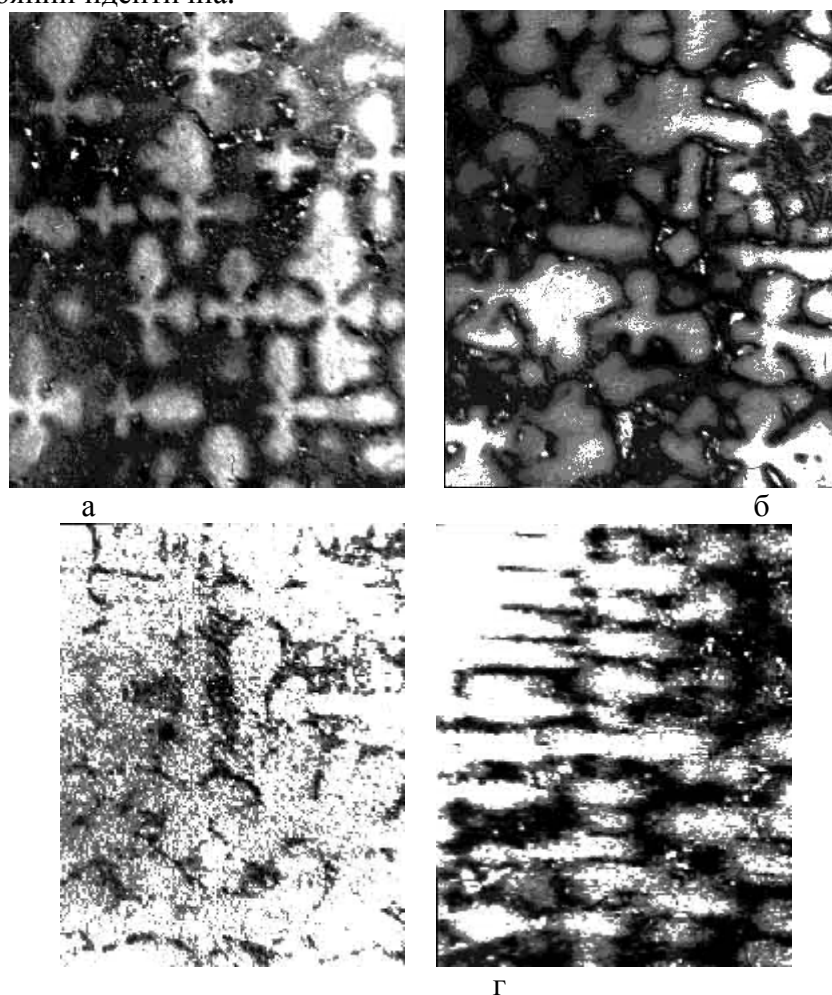


Рис.1 Микроструктура монокристаллов сплавов ЖС26-ВИ, в) и ЖС32-ВИ, г) в литом состоянии (а, б) и после баротермической обработки (в, г). Поперечные шлифы, X200.

В сплаве ЖС32-ВИ, по сравнению со сплавом ЖС26-ВИ, вследствие большей степени легирования дендриты более огрублены. Результаты анализа микроструктуры сплавов ЖС26-ВИ и ЖС32-ВИ в литом состоянии и после баротермической обработки приведены в табл.1. Расстояние между осями дендритов первого порядка составляло $d_1=80\ldots100\text{мкм}$ для сплава ЖС26-ВИ и $d_1=90\ldots150\text{мкм}$ для сплава ЖС32-ВИ, соответственно. Для дендритных ветвей второго порядка расстояние было $d_2=12\ldots15\text{мкм}$ для сплава ЖС26-ВИ и $d_2=15\ldots20\text{мкм}$ для сплава ЖС32-ВИ, соответственно.

В исходном (литом) состоянии монокристаллы сплава ЖС26-ВИ и ЖС32-ВИ содержали выделения эвтектики $\gamma + \gamma'$ с характерными размерами $5\ldots30\text{мкм}$, объемная доля которых составляла порядка 1,5% и 2%, соответственно. После БТО в сплаве

ЖС26-ВИ наблюдали полное растворение эвтектических $\gamma + \gamma'$ включений, а в сплаве ЖС32-ВИ объемная доля эвтектики $\gamma + \gamma'$ понизилась до уровня 0,3...0,4% (рис.1), что соответствует принятому уровню при стандартной термообработке жаропрочных никелевых сплавов [1].

Карбиды различного типа в микроструктуре жаропрочных никелевых сплавов имеют шрифтовую морфологию, образуя своеобразный каркас в междендритном пространстве (Рис.1). В результате БТО размеры отдельных карбидных включений уменьшились от 1...8мкм до нескольких десятых долей мкм (см. Рис.2,д). При этом объемная доля сегрегаций эвтектических карбидов увеличивается (см. Рис.1, табл. 2).

Исследование структуры жаропрочных никелевых сплавов методами растровой электронной микроскопии показали, что при БТО происходят существенные изменения в морфологии основной упрочняющей фазы γ' на основе интерметаллидного соединения Ni_3Al (Рис.2). Размер γ' - фазы от 0,3...0,4мкм в литом состоянии увеличиваются при БТО до 0,8...0,9мкм. При этом форма частиц γ' - фазы становится более округлой. Эти факторы приводят к изменению площади межфазной γ/γ' поверхности, как следствие более равновесного состояния сплавов [4], достигаемого баротермической обработкой.

Таблица 3. Результаты сравнительного металлографического анализа монокристаллов сплавов ЖС26-ВИ и ЖС32-ВИ в исходном литом состоянии и после баротермической обработки (БТО).

Характеристика микроструктуры	ЖС26-ВИ		ЖС32-ВИ	
	Исходный	После БТО	Исходный	После БТО
Объемная доля эвтектики $\gamma + \gamma'$	≈1,5%	- 0	≈2%	0,3...0,4%
Размер эвтектики $\gamma + \gamma'$, мкм	5...30	-	5...30	15...30
Размеры карбидов MeC, мкм.	1...5	<1	2...8	0,3...1,2
Размеры сегрегаций эвтектических карбидов, мкм	60...90	100...150	20...90	100...150

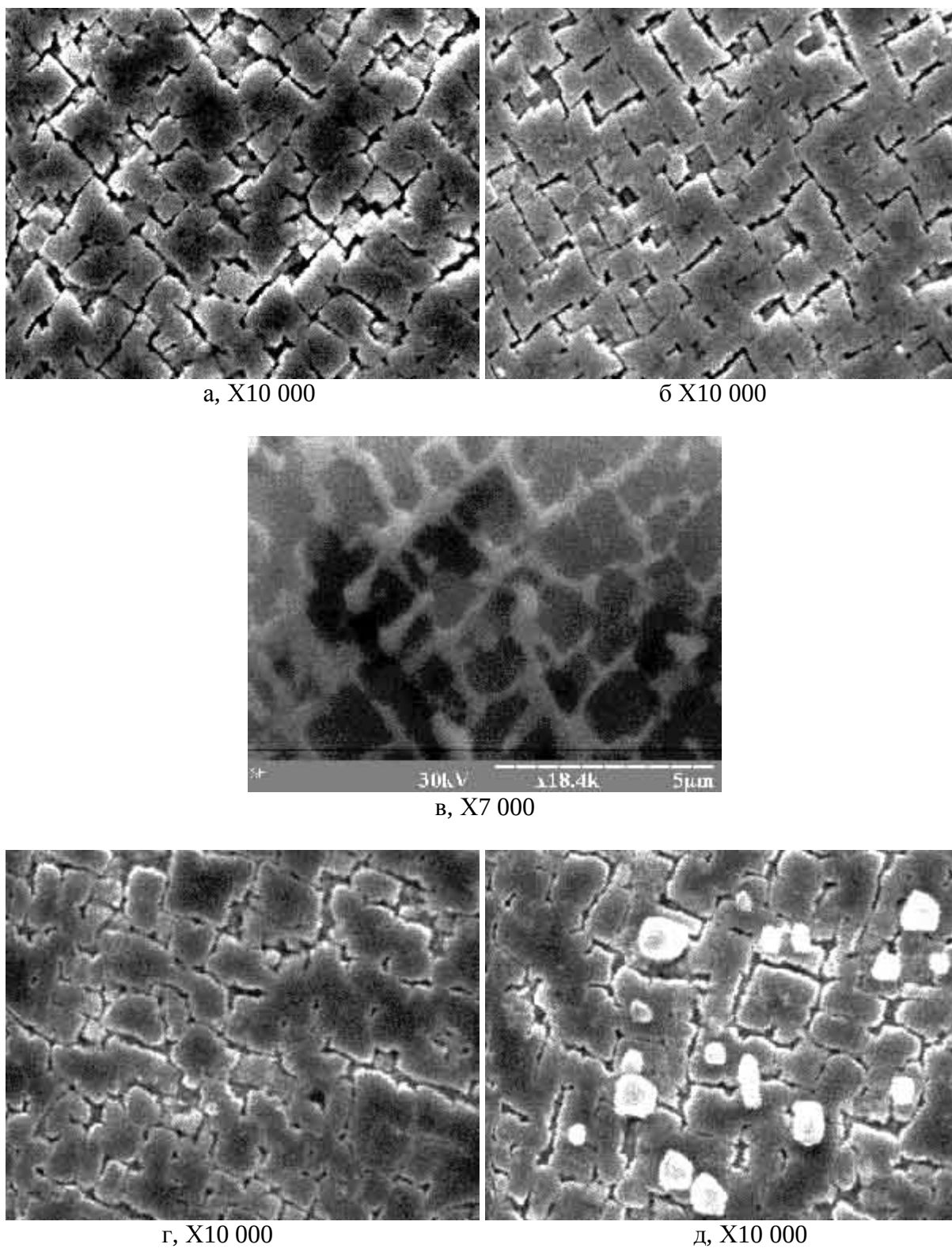


Рис.2 Микроструктура сплавов ЖС26-ВИ (а, в) и ЖС32-ВИ (б, г, д) в литом состоянии (а, б) и после баротермической обработки (в, г, д).

Таблица 4. Микротвердость HV сплавов ЖС26-ВИ и ЖС32-ВИ в литом состоянии и после различных термообработок, МПа.

Сплав	Исходное состояние		После термообработки			
			Гомогенизация при атм. давлении 1255°C / 2 часа.		БТО	
	Матрица	Эвтектика $\gamma + \gamma'$	Матрица	Эвтектика $\gamma + \gamma'$	Матрица	Эвтектика $\gamma + \gamma'$
ЖС26-ВИ	4694	-	5165	-	4052	-
ЖС32-ВИ	4410...4660	5850...7850	5550...5850	7400...8900	4110	-

Стандартная гомогенизация жаропрочных никелевых сплавов ЖС26-ВИ и ЖС32-ВИ приводит к росту микротвердости HV (см. табл. 4), в то время как БТО, наоборот, понижает HV, по-видимому, вследствие увеличения размера упрочняющей γ' -фазы.

Выводы:

Исследование монокристаллов сложнолегированных жаропрочных никелевых сплавов ЖС26-ВИ и ЖС32-ВИ, прошедших баротермическую обработку при давлении 230 МПа и 180 МПа, соответственно в течение 2-х часов при температурах вблизи температуры солвус показало существенное влияние БТО на микроструктуру и свойства сплавов. В результате БТО содержание эвтектики $\gamma + \gamma'$ в жаропрочных никелевых сплавах уменьшается до уровня 0,3...0,4%. Частицы карбидов уменьшаются в размерах до 0,3...1мкм и распределяются более равномерно в междендритных пространствах. Размеры упрочняющей γ' -фазы в результате БТО увеличиваются более чем в 2 раза до 0,8...0,9мкм, а форма частиц γ' -фазы становится более округлой. Учитывая существенное влияние баротермической обработки на микроструктуру сложнолегированных жаропрочных никелевых сплавов, а также полное устранение микропористости при БТО, такой вид обработки является перспективным для оптимизации свойств изделий из жаропрочных сплавов.

Список литературы: 1. Шалин Р.Е., Светлов И.Л., Качанов Е.Б., Толораия В.Н., Гаврилин О.С. Монокристаллы никелевых жаропрочных сплавов. М.: Машиностроение, 1997, 336с. 2. Падалко А.Г., Авдюхин С.П., Веселов А.Н., Таланова Г.В., Нипан Г.Д., Саныгин В.П. Поведение γ/γ' эвтектики в сплаве на основе никеля при баротермическом воздействии. Физ. и ХОМ. 2004, №5, с.88-93. 3. Ажажа В.М., Ковтун Г.П., Ладыгин А.Н., Малыхин Д.Г., Рудычева Т.Ю., Свердлов В.Я., Тихоновский М.А., Щербань А.П. Жеманюк П.Д., Клочихин В.В. Микроструктура и свойства монокристаллов никелевого сплава НВ-4. 1. Влияние условий кристаллизации на структуру и свойства. Металлофиз. и новейшие технолог., 24, №11, 1525-1536, 2002. 4. Свелин Р.А. Термодинамика твердого состояния. –М.: Металлургия, 1968, 316с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В СТРАТЕГИЧЕСКОМ МЕНЕДЖМЕНТЕ

Акимова Е.В., Акимов Д.А., Карпов Э.А. (СТИ МИСус, г. Старый Оскол, Россия)

It is important to define the sources of the information arrival and correct mechanisms of its processing at determination of the strategies to companies. At present several main trends of the research of the information flow on enterprise are selected.

При определении стратегических целей, а также выборе вида и типа стратегии применяются разнообразные методы анализа и прогнозирования, которые предъявляют высокие требования к обработке поступающей информации и специальной подготовке работников, занимающихся стратегическим менеджментом.

Несмотря на обилие методов и инструментов, применяемых в стратегическом менеджменте, большинство из них имеют ряд недостатков: в частности, требуют творческого подхода, что может привести к непредсказуемым последствиям, в значительной мере опираются на личностный фактор, достаточно трудоемки в подборе и анализе информации. Отдельные из них, напротив, способствуют механическому переложению ситуаций, сужению кругозора управляющего, а как следствие – серьезным упущениям.

В то же время на рубеже XX - XXI веков наблюдался процесс важных сдвигов в экономике и соответствующих изменений в сущности конкурентного преимущества.

К существенным изменениям в самой экономике многие авторы [2,3] указывают на:

- возрастающую значимость глобальных компьютерных сетей;
- Интернет и отделение потоков информации от физических потоков;
- дробление экономики и цепочек создания стоимости на большее число отдельных уровней;
- выделение экономики "возрастающих доходов" и "победителя, забирающего большую часть", как противоположной традиционному взгляду, в рамках которого предполагается, что рынкам и компаниям свойственны "уменьшающиеся доходы".

Чтобы предвидеть тенденции развития, руководству компаний нужно менять свои представления о будущем. Трудность в том, что существующие представления базируются на знаниях о потребителях, конкурентах и производстве на сегодняшний момент. Чтобы изменения вели к успеху, прежде всего, нужна готовность предвидеть будущее и его возможности.

Многие крупные компании получают картину будущего с помощью библиотек или отделов исследований и разработок, которые собирают и распространяют информацию о новых технологиях. Другие нанимают специализированные исследовательские компании, занимающиеся прогнозированием рыночных тенденций, надеясь на то, что они принесут свежую информацию и понимание рыночных тенденций.

Одновременно создается культура, в которой разнообразные интеллектуальные способности и установки подбираются и проверяются таким образом, что компания получает возможность быстро ориентироваться в условиях постоянно меняющегося рынка.

Многие компании предлагают рынку новые виды продукции, но оказываются не в силах обеспечить устойчивое конкурентное преимущество. У них есть только продукция. Другие составляющие конкурентного успеха отсутствуют. Системы сбыта не соответствуют продаваемым товарам или нужному уровню услуг. Рынок

недостаточно сегментирован, и маркетинг оказывается ненаправленным. Производство было создано для предыдущего поколения продукции, а условия конкуренции изменились.

При традиционном подходе к организации, когда специализированные функции включаются в дело одна за другой, как в эстафете, высокая скорость недостижима. Быстрота требует постоянного сотрудничества между разными специализированными отделами и службами. Постоянно общаясь и обмениваясь информацией, они могут действовать быстро, согласованно и одновременно в самых разных направлениях. Нам представляется, что в случае такого координированного процесса особенно полезно использование информационных технологий.

Чем дальше развивается общество, тем сложнее становятся общественные отношения и создаваемые обществом технические, организационные, информационные, энергетические, транспортные, производственные, военные и другие системы, составляющие суть данной цивилизации. Создание и использование этих систем требует специального теоретического осмысления общих закономерностей построения и функционирования систем любой природы. Другими словами, обществу нужна системная философия (системология), общая теория и множество специальных теорий анализа и синтеза сложных систем [2].

Специалистов, практически занимающихся проектированием сложных систем, не устраивает вербальная философия на уровне рассуждений об общих закономерностях развития природы и общества. Современная наука ищет способы и методы строгой формализации этих рассуждений на основе последних достижений математики, логики, кибернетики, информатики и других точных наук.

Методологической основой системного подхода является теория и практика математического моделирования сложных систем. Классический системный подход, как правило, опирается на математическое моделирование с использованием теории подобия, теории научного эксперимента, математической статистики, теории алгоритмов и ряда других фундаментальных классических теорий. Наряду с этим классическим направлением за последнее десятилетие предпринималось много попыток создания системологии адекватной новым условиям цивилизации. Это особенно заметно в области проектирования информационно-управляющих систем и программного обеспечения ЭВМ.

Одним из направлений проектирования, анализа и синтеза сложных систем является так называемый объектно-ориентированный подход. Объектно-ориентированный подход заявлен как перспективная методологическая основа проектирования сложных систем преимущественно в области создания программного обеспечения ЭВМ [1]. Однако фундаментальные исследования в данном направлении мало известны и слабо формализованы. Однако ряд авторов [2,3] предлагает распространение идей объектно-ориентированного подхода на общенаучный системологический уровень, что, по их мнению, было бы полезно и для философского понимания процессов мышления и для практического проектирования сложных систем.

Фактически, говоря о методах анализа сложных социотехнических систем, следует иметь в виду конструирование баз данных (БД) и знаний (БЗ), над которыми определены вычислительные процессы решения локальных исследовательских задач теории систем и системного анализа. Упорядочение и организация решений этих задач в общем целенаправленном процессе моделирования систем по частям составляют сущность разрабатываемых проблем технологии системного моделирования.

Частично данные вопросы рассматриваются в новом направлении информационно - коммуникационного менеджмента [3].

Список литературы: 1. Буч Г. Объектный анализ и программирование с примерами приложений на С++. Второе издание. Перевод с английского под редакцией И. Романовского и Ф. Андреева. - М.: "Издательство Бином", СПб: "Невский диалект", 1998 г., 560 с., ил.; Фридман А. Л. Основы объектно-ориентированной разработки программных систем, - М.: "Финансы и статистика", 2000 г., 192 с. 2. Основы математического моделирования и алгоритмизации процессов функционирования сложных систем, Устенко А.С., 2000 г. 3. Мартынов Л.М. Система основных принципов инфокомного менеджмента. М. "Компания Спутник +" – 2004. 234 с.

ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ БОЛЬШИХ СИСТЕМ В ЭКОНОМИКЕ

Акимова Е.В., Акимов Д.А., Карпов Э.А. (СТИ МИСус, г. Старый Оскол, Россия)

The research of managerial system of the enterprise becomes actual in the modern stage of the economy development with standpoint of the great systems. A lot of problems appear which are in accordance with choice of the methods of modeling at the research of the great systems.

Большие системы, как частный случай сложных систем, как нельзя лучше, по нашему мнению, описывают те процессы, которые характерны для экономики на современном этапе [2].

Отметим, что большая система представляет собой составной объект, части которого можно рассматривать как отдельные системы, объединенные в единое целое в соответствии с определенными принципами или связанные между собой заданными отношениями. Части большой системы (подсистемы) можно расчленить (часто лишь условно) на более мелкие подсистемы и т. д., вплоть до выделения таких элементов системы, которые либо объективно не подлежат дальнейшему расчленению, либо относительно их неделимости имеется договоренность. Свойства больших систем в целом определяются как свойствами составляющих их элементов, так и характером взаимодействия между ними.

Одно из основных свойств большой системы – это ее открытость, что подразумевает наличие влияния на систему со стороны внешнего окружения. Влияние внешних факторов на систему может быть как незначительным, не заметным в масштабах системы, так и существенным. Для того, чтобы оценить степень влияния внешних факторов, необходимо, для начала, признать их существование, оторваться от рассмотрения объекта изнутри и увидеть его шире – во взаимосвязи внешних и внутренних факторов, происходящих в системе.

Другими, немаловажными свойствами больших систем является наличие разнообразных связей: материальных, информационных, энергетических и т.д. Это накладывает свои особенности на методы изучения больших систем. В особенности сказывается тот факт, что многие факторы могут быть несоизмеримы и, возможно, не имеют прямого количественного выражения.

Большие системы, как правило, проявляют свойства самоорганизации, что требует особых методов при динамическом исследовании систем во времени. Самоор-

ганизирующиеся системы – вообще молодое направление теории систем со слабо развитым аппаратом исследования и теоретической базой.

Все свойства больших систем проявляются при рассмотрении экономических систем: мировой экономической системы, государственной экономики, экономики региона, отрасли и отдельного предприятия.

Так, свойство открытости больших систем проявляется в современном мире на разных уровнях – от мировой тенденции к глобализации, все возрастающей взаимосвязи между экономикой, наукой, политикой и даже культурно-нравственными особенностями групп людей до неоднозначного влияния множества факторов непосредственно на единицу экономической системы, в качестве которой может выступать как государство, так и отрасль, предприятие, индивид.

При рассмотрении внешних факторов нами предложена система классификации [3], позволяющая подразделять факторы по множеству аспектов: по степени их влияния на систему, по характеру влияния, по времени воздействия, по силе воздействия и т.д. Данная классификация должна помочь при выборе наиболее значимых факторов, что представляется достаточно сложной задачей ввиду незамкнутости внешней среды, т.е. количество внешних факторов стремится, по сути, к бесконечности.

Наличие разнообразных связей в экономических системах очевидно и лишь усиливает сложность системы. В данном аспекте рассмотрения систем необходимо отметить, что немаловажную роль играет взаимное влияние разнообразных факторов.

Ввиду вышесказанного представляется возможным при моделировании больших систем в экономике использовать такие методы, которые позволили бы агрегировать разнородные данные (большую часть из которых составляют статистические данные и данные наблюдений за ряд лет – имеющие зачастую большую степень отклонения и погрешности), выделить наиболее существенные факторы и предсказать поведение системы во времени.

В результате проведенного нами исследования мы пришли к заключению, что наилучшим образом для описания таких систем подходят методы группового учета аргументов (МГУА) [3]. Решение практических задач и разработка теоретических вопросов МГУА, привели к появлению широкого спектра вычислительных алгоритмов, каждый из которых предназначен для определенных условий применения. Выбор алгоритма зависит как от точности и полноты информации, представленной в выборке экспериментальных данных, так и от вида решаемой задачи.

Нами были рассмотрены и получены выводы для двух предприятий Старого Оскола Белгородской области, осуществляющих деятельность в отрасли машиностроения и производства строительных материалов. Для их исследования применялись методы группового учета аргументов. В первом случае исследовалось влияние внешних факторов на предприятие. Во втором случае было проведено прогнозирование затрат на производство продукции и подробно рассмотрены затраты на качество. Далее был проведен анализ заключающийся в сопоставлении прогнозируемого и текущего уровня затрат на качество с их уровнями за предыдущие периоды наблюдений и на основе этих данных предполагается вырабатывать корректирующие действия.

Список литературы: 1. Акимова Е.В., Акимов Д.А., Карпов Э.А. Моделирование состояния предприятия при помощи метода группового учета аргументов. II Международная научно-практическая конференция “Организационно-экономические проблемы повышения эффективности металлургического производства” 21-23 дек. 2005, Новокузнецк. 2. Акимова Е.В., Карпов Э.А. Применение понятийного аппарата теории

больших систем в управлении предприятием. Региональная научная конференция «Образование, наука, производство и управление» (24 ноября, г. Старый Оскол) 2005 З. Акимов Е.В. Карпов Э.А. Проблемы учета влияния факторов внешнего и внутреннего воздействия на предприятие в нестабильных условиях развития экономики. Региональная научная конференция «Образование, наука, производство и управление» (24 ноября, г. Старый Оскол) 2005.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕВОГО ПЫЛЕГАЗОРАЗДЕЛИТЕЛЯ

Алексеев П.В., Поникаров И.И., Филимонов А.Н., Алексеев В.В.
(КГТУ, г. Казань, Россия)

The results of the theoretical and experimental researches are adduced. The advantages of the given apparatus in comparison with anticurrent cyclone at the movement of the descending twirling refining stream in the screw canal and refined ascending - in the outlet tube are shown. The methods of calculation and the results of experimental and industrial test of the apparatus are presented.

Для разделения газовых неоднородных систем нашли применение высокопроизводительные и высокоэффективные противоточные циклоны: НИИОГАЗ (ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15У, ЦН-24, СДК-ЦН-33, СК-ЦН-34, СК-ЦН-40 и СК-ЦН-34М), СИОТ и ВЦНИИОТ. Существенным недостатком циклонов является низкая эффективность улавливания пыли размерами менее 10 мкм, в связи с чем их промышленное использование ограничивается предварительной очисткой [1]. Повышение эффективности пылеулавливания циклонов ограничено конструкцией, создающей возвратно – поточное движение закрученного нисходящего потока и восходящего очищенного. Взаимодействие нисходящего очищаемого вихря с восходящим очищенным и наличие радиальной составляющей скорости, направленной к центру аппарата, приводит к выносу мелких твёрдых частиц диаметром 5 – 10 мкм. Уменьшение уноса частиц возможно за счёт оптимизации конструкции, соблюдении технологических режимов работы аппарата и отсутствия подсосов воздуха в бункере.

На кафедре машин и аппаратов химических производств разработан вихревой пылегазоразделитель, который лишен недостатков, присущих противоточным циклонам [2, 3]. Высокая эффективность пылеулавливания в таком аппарате

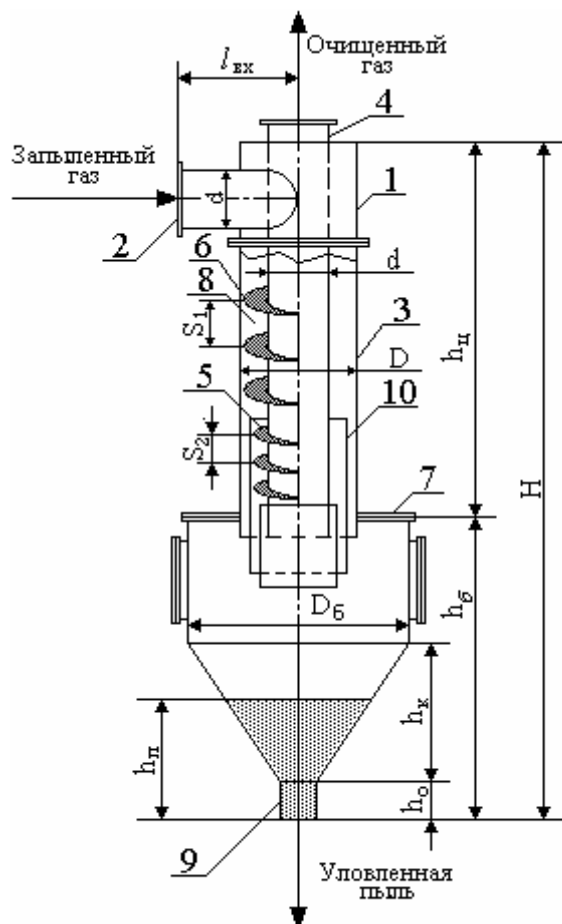


Рис. 1. Вихревой пылегазоразделитель

достигается за счет раздельной организации движения закрученного нисходящего очищаемого потока в винтовом канале и очищенного восходящего – в выходной (выхлопной) трубе. Сепарация пыли осуществляется последовательно во входной зоне и двух зонах винтового канала. Схема вихревого пылегазоразделителя приведена на рис. 1.

Принцип работы аппарата основан на центробежном улавливании пыли. Запыленный газ по тангенциальному патрубку 2 поступает в приемную камеру 1, в которой организуется предварительное пылеулавливание. Совершая вращательно-поступательное движение, поток газа безударно входит в спирально-винтовой канал 8, в котором осуществляется основное пылеулавливание. Под действием центробежной силы частицы пыли осаждаются на стенке корпуса 3, а под действием собственной силы тяжести и осевой составляющей скорости потока движутся по стенке корпуса в виде кольцевого слоя в направлении пылесборника 7. Для обеспечения безударного входа в спирально-винтовой канал, аэродинамическая структура потока входной зоны должна быть согласована с аэродинамической структурой потока спирально-винтового канала. Главным параметром согласования является начальный угол закрутки спирально-винтового канала. Шаг S_1 спирально-винтового канала выбирается из условия создания большей центробежной силы, чем во входной зоне пылеулавливания, что позволит улавливать в этой зоне более мелкие частицы пыли. Для разделения концентрированного пылегазового потока от очищенного во второй зоне пылеулавливания применяется цилиндрическая вставка 10. Очистка пылегазового потока во второй зоне происходит за счет большей центробежной силы, чем центробежная сила создаваемая в предыдущей зоне, это достигается за счет выбора параметра шага S_2 . Процесс разделения менее концентрированного пылегазового потока в этой зоне осуществляется аналогично процессу центробежного пылеулавливания предыдущей зоны. Окончательное отделение пыли от газа осуществляется в пылесборнике 7 за счет инерционно-центробежных сил. Пыль осаждается в бункере, а очищенный газ поступает в выхлопную трубу 4 и через раскручивающее устройство (на рисунке не показано) удаляется из аппарата.

В основу разработки инженерной методики расчета положены исследования аэродинамических [4] и пылеулавливающих [5] закономерностей сухого центробежного оборудования: циклонов, циклонных и циклонно-вихревых камер и исследования вихревого пылегазоразделителя [6-9].

Аэродинамические закономерности в циклонах и вихревом пылегазоразделителе формируются входным закручивающим устройством и определяются локальными параметрами (полем скоростей осевой - V_x , окружной - V_j и радиальной - V_r компонент полной скорости V , а также полем давления – P) и интегральными параметрами (количеством движения K и моментом количества движения M).

Действительный безразмерный параметр крутки нисходящего закрученного потока θ определялся по уравнению [7]:

$$q = M / (K \cdot R_2) = 2p \cdot \int_R^{R_2} r \cdot V_j \cdot V_x \cdot r^2 \cdot dr / \left(2 \cdot p \cdot \int_R^{R_2} r \cdot V_x^2 \cdot r \cdot dr \cdot R_2 \right),$$

где R - наружный радиус выхлопной трубы, м; R_2 - внутренний радиус циклона, м; ρ - плотность газа, кг/м³.

Сложная аэродинамическая структура потока в противоточных циклонах создается из-за конструктивных особенностей различных зон пылеулавливания: входной зо-

ны, кольцевой, цилиндрической и конической. Пылеулавливание в каждой из зон определяется дисперсным составом, плотностью частиц пыли и аэродинамическим распределением скоростей V_x , V_j и V_r . В работе [10] приведен анализ влияния различных геометрических зон противоточных циклонов: входной, кольцевой, цилиндрической и конической на эффективность пылеулавливания.

Для сравнения и обобщения закрученных потоков в циклонах, циклонных камерах и вихревом пылегазоразделителе использовался обобщенный параметр $q_{вх}$, полученный из параметра q по средним параметрам потока. Для простых и улиточных тангенциальных закручивающих устройств (ТЗУ) параметр $\theta_{вх}$ определялся по выражению [7]:

$$\theta_{вх} = \sin \varphi_n \cdot \bar{R}_{вх} / K_T,$$

где φ_n - начальный угол отклонения потока от осевого направления (для циклонов ЦН-11 $j_n = 79^\circ$, а для ЦН-15 и ЦН-24 соответственно $j_n = 75$ и 66° ; для аппаратов с простым и улиточным ТЗУ $j_n = 90^\circ$); $\bar{R}_{вх}$ - относительный радиус входного момента количества движения; $K_T = F_{вх} / F_k$ - коэффициент крутки потока; $F_{вх}$ и F_k площади входного патрубка и кольцевого канала аппарата, m^2 .

В работе [4] приведен анализ энергоемкости процесса центробежного пылеулавливания в циклонах и вихревых камерах для сравнения с энергозатратами вихревого пылегазоразделителя, а сравнительная эффективность пылеулавливания циклонов и циклонных камер рассмотрена в работе [5].

Разработанная модель эффективности пылеулавливания во входной зоне пылегазоразделителя [11], была положена в основу разработки эффективности пылеулавливания в винтовых зонах и рассмотрено пылеулавливание в винтовом канале вихревого пылегазоразделителя [6].

Методика расчета вихревого пылегазоразделителя [9] учитывает аэродинамическую структуру потока [7] и сопротивление процесса пылеулавливания [8]. Общая эффективность пылеулавливания аппарата η определяется эффективностями пылеулавливания во входной η_1 , основной η_2 и дополнительной η_3 зонах [12]:

$$h = 1 - \prod_{i=1}^3 (1 - h_i),$$

где $h_i = (C_{i-1} - C_i) / C_{i-1}$ - степень очистки пылегазовой смеси в i -ой зоне; $i = 1-3$ - количество последовательно организованных зон пылеулавливания; C_i - концентрации пыли в i -ой зоне, $кг/м^3$.

Аэродинамическое сопротивление аппарата Δp , Па определялось по уравнению [7]:

$$\Delta p = \zeta_D \cdot \rho \cdot V_D^2 / 2,$$

где $V_D = \sum_{i=1}^n V_i$ - суммарный коэффициент сопротивления; ζ_1 , V_{e1} и V_{e2} - коэффициенты сопротивления входной, основной и дополнительной зон пылеулавливания; V_E - коэф-

фициент, учитывающий расширение на входе в бункер, поворот на 180° и сжатие потока на входе в выходную трубу; V_T и $V_{вых}$ - коэффициенты сопротивления выходной трубы и выходного устройства; V_D - скорость движения пылегазовой смеси в аппарате, м/с.

По результатам экспериментальных и теоретических исследований разработан опытно-промышленный вихревой пылегазоразделитель [12] диаметрами аппарата $D=0,62$ м и пылесборника $D_6=0,92$ м и диаметром входного патрубка, равным диаметру выхлопной трубы $d=0,219$ м, который смонтирован на Казанском ОАО “Компрессормаш” вместо мокрого циклона СИОТ, где проводятся заводские испытания по улавливанию пыли в цехе смесеприготовления.

Выводы:

1. Разработан вихревой пылегазоразделитель для сухого центробежного пылеулавливания твердой фазы с размерами частиц более 3-5 мкм.
2. Разработана математическая модель эффективности пылеулавливания аппарата.
3. Проведен анализ эффективности пылеулавливания и энергозатрат на проведение процесса в циклонах, циклонных и вихревых камерах и исследуемом аппарате.
4. Изготовлен опытно – промышленный аппарат для цеха смесеприготовления Казанского ОАО “Компрессормаш”, на котором проводятся исследования аэродинамических и пылеулавливающих закономерностей.

Список литературы: 1. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И., Решидов И.К. Очистка промышленных газов от пыли. – М.: Химия, 1981. – 396с. 2. Патент Российской Федерации на изобретение №2253515. от 10.06.05. Пылегазоразделитель. Филимонов А.Н. и др. 3. Филимонов А.Н., Алексеев П.В., Поникаров И.И., Алексеев В.В. Разработка вихревого противоточного пылегазоразделителя. - Материалы II Международной научно-технической конференции “Прогрессивные технологии и оборудование для пищевой промышленности”, ч. II. Воронеж, 2004, с.287-289. 4. Малыхин Л.А., Алексеев П.В., Алексеев В.В., Поникаров И.И. Анализ гидравлического сопротивления и расчёт противоточных циклонов и вихревых камер. – Материалы конференции “Интенсификация тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология”, Казань, КГТУ, 2005, с. 73-76. 5. Гарифов Р.И., Алексеев П.В., Филимонов А.Н. Сравнительная эффективность пылеулавливания циклонов и циклонных камер. - Материалы конференции “Интенсификация тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология”, Казань, КГТУ, 2005, с. 84-88. 6. Валеев А.М., Алексеев П.В., Филимонов А.Н. Пылеулавливание в винтовом канале вихревого пылегазоразделителя. - Материалы конференции “Интенсификация тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология”, Казань, КГТУ, 2005, с. 80-82. 7. Трёмаскин Р. В., Алексеев П.В., Поникаров И.И., Алексеев В.В. Исследование аэродинамических закономерностей вихревого пылегазоразделителя. – Материалы межвузовской научно – практической конференции «Актуальные проблемы образования, науки и производства», Нижнекамск, НХТИ, 2006, с. 15-18. 8. Алексеев П.В., Филимонов А.Н., Поникаров И.И., Алексеев В.В. Расчёт аэродинамического сопротивления вихревого пылегазоразделителя. – Материалы межвузовской научно – практической конференции «Актуальные проблемы образования, науки и производства», Нижнекамск, НХТИ, 2006, с. 19-21. 9. Алексеев П.В., Филимонов А.Н., Поникаров И.И., Алексеев В.В. Разработка методики расчёта вихревого пылегазоразделителя. - Материалы межвузовской научно – практической конференции «Актуальные проблемы образования, науки и производства», Нижнекамск, НХТИ, 2006, с. 11-13. 10. Алексеев П.В., Поникаров И.И., Фили-

монов А.Н.. Повышение эффективности пылеулавливания противоточных циклонов. – Материалы II Международной научно-технической конференции "Прогрессивные технологии и оборудование для пищевой промышленности", ч. II. Воронеж, 2004, с. 67-70. **11.** Алексеев П.В., Филимонов А.Н., Поникаров И.И. Модель эффективности пылеулавливания во входной зоне вихревого пылегазоразделителя. – XVIII Международная научная конференция. «Математические методы в технике и технологиях. ММТТ – 18 », т. 4, Казань, 2005, с. 77-79. **12.** Валеев А.М. Алексеев П.В., Филимонов А.Н., Поникаров И.И. Разработка опытно – промышленного вихревого пылегазоразделителя. – Материалы конференции "Интенсификация тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология", Казань, КГТУ, 2005, с. 77-79.

ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА ЯХТАХ И МАЛОМЕРНЫХ СУДАХ

Андреев А.А., Авдеева Я.Л. (ХФ НУК, г. Херсон, Украина)

The main types of electrosupply for cooling devices which are typical for small-size vessels are presented in the article. Their characteristics are given. The perspectives analysis of use those or other sources of the power supplies on vessels were made.

Наличие на яхте или маломерном судне системы кондиционирования воздуха обеспечивает создание и поддержание комфортных условий обитания экипажа и пассажиров, повышает привлекательность судна для покупателя и "продаваемость" для производителя. На современных яхтах и маломерных судах используются как традиционное кондиционирующее оборудование, охлаждающие устройства которого работают по парокомпрессорному циклу с хладагентами в качестве рабочего тела, так и становящиеся все более популярными в последнее время экологически безопасные термоэлектрические системы кондиционирования [1, 2]. Холодопроизводительность таких устройств достигает 15 кВт, а потребляемая мощность – 10 кВт [3].

Одной из основных проблем, возникающих при проектировании охлаждающих устройств (как холодильников, так и кондиционеров) для маломерных судов, является организация их электроснабжения. Ее актуальность вызвана ограниченностью свободного пространства на маломерном судне и требованиями минимальных веса, габаритов и стоимости источника питания.

Почти все исследователи, занимающиеся этой проблемой, основное внимание уделяют традиционным источникам энергии [4, 5]. Небольшое количество публикаций, посвященных нетрадиционным источникам энергии, охватывает, как правило, только стационарные установки. Попытки производства такого оборудования морского исполнения предпринимает лишь малое число фирм и компаний, а случаи его применения на маломерных судах пока ограничены небольшим кругом яхтсменов-любителей. Нет в научно-технических публикациях и результатов сравнительного анализа наиболее перспективных источников электроэнергии, позволяющих делать выводы о целесообразности использования того или иного источника на маломерном судне в каждом конкретном случае.

Целью настоящей работы является анализ различных типов современных источников электроэнергии для систем искусственного охлаждения на маломерных судах и

яхтах, их эксплуатационных и стоимостных характеристик, а также оценка их предпочтительности для малотоннажного судостроения.

Источники электроэнергии для яхтенного оборудования (холодильников, навигационного оборудования, бытовых приборов, опреснителей, кондиционеров) можно разделить на две группы: традиционные (аккумуляторные батареи, дизель-генераторы) и нетрадиционные.

Наличие аккумуляторных батарей необходимо на судне в любом случае, так как электропитанием современная яхта должна быть обеспечена как в ходу, так и на стоянке. Наиболее распространенные типы аккумуляторов: автомобильные (для легковых машин и грузовиков); длительного пользования (heavy-duty); бытовые; с эпизодическим обслуживанием; не требующие обслуживания; гелевые (желеобразные). В основном это все свинцовые (кислотные) аккумуляторы, поскольку никель-кадмиевые аккумуляторы все еще являются слишком дорогими для использования на яхтах.

У автомобильных аккумуляторов есть существенный недостаток – они никогда до конца не разряжаются, успевая раньше потерять нужные характеристики. На яхтах же необходимы аккумуляторы с "глубоким разрядом", работающие до момента следующей зарядки.

Бытовые аккумуляторы и аккумуляторы длительного пользования являются для яхт более предпочтительными, поскольку при надлежащем уходе выдерживают до 300 зарядов и разрядов глубокого цикла, т.е. примерно в десять раз больше, чем автомобильные аккумуляторы, и при этом ненамного дороже.

В течение всего срока службы аккумуляторов с эпизодическим обслуживанием уровень электролита не опускается ниже верхней кромки пластин, хотя при необходимости запас электролита можно пополнить. Все же эти аккумуляторы больше подходят для машин, чем для яхт.

Аккумуляторы, не требующие обслуживания, наглухо закрыты, хотя и не герметизированы, поскольку в каждой ячейке сверху есть предохранительный клапан для выпуска газов, чтобы исключить взрыв. Однако, вопреки принятым мерам, в определенных условиях аккумуляторы газ выделяют.

В гелевых аккумуляторах электролит имеет студенистую форму геля. По характеристикам они близки к бытовым аккумуляторам, но имеют и дополнительные достоинства – их можно как угодно переворачивать (то есть они не боятся качки) и, благодаря низкой интенсивности внутреннего разряда, надолго оставлять без применения. Их недостаток – высокая стоимость.

Рассмотрение рынка аккумуляторов, находящихся применение на маломерных судах, показывает следующие его особенности и тенденции.

Компания MBD выпускает морские аккумуляторы (Marine) емкостью от 50 до 200 А·ч и бытовые аккумуляторы емкостью 60-130 А·ч. Стоимость морских аккумуляторов начинается с 430 грн. (цены здесь и далее даны по состоянию на IV квартал 2005 г.).

В аккумуляторах Elecsol используются углеволоконные компоненты, благодаря чему они имеют лучшее соотношение мощность/вес при тех же размерах, что и другие аккумуляторы. Две модели 80/100 стоят 765 грн., а две модели 90/100 – 840 грн.

Герметизированные аккумуляторы Delco Voyager выпускаются емкостью от 60 до 170 А·ч и ценой от 810 до 2200 грн.

Морские аккумуляторы глубокого цикла разряда Sowerter Super Marine для запуска судовых двигателей стоят от 485 грн. за модель емкостью 80 А·ч до 660 грн. за модель на 130 А·ч.

У гелевых аккумуляторов, несмотря на их дороговизну, лучшие характеристики заряд/разряд. Цены от 1020 грн. за модель на 55 А·ч до 2040 грн. за модель на 200 А·ч.

Аккумуляторы ОПТИМА BlueTop (СИА) для водного транспорта емкостью от 55 до 80 А·ч стоят соответственно 1275 и 1480 грн.

Данные по аккумуляторам отечественного производства фирмы SADA представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики аккумуляторных батарей фирмы SADA серии SADA STANDART PLUS (номинальное напряжение 12 В)

Модель	Номинальная емкость, А·ч	Ток разряда, А (DIN/EN60095-1)	Масса, кг		Габаритные размеры, мм			Стоимость, грн.
			без электролита	с электролитом	длина	ширина	высота	
6СТ-50А	50	230/380	9,5	13,8	207	175	190	152,4
6СТ-55А	55	255/420	10,0	14,8	242	175	190	160,2
6СТ-62А	62	300/500	11,1	15,8	242	175	190	171,6
6СТ-66А	66	340/560	13,0	18,0	276	175	190	207,6
6СТ-74А	74	390/650	14,5	19,0	276	175	190	228,6
6СТ-88А	88	420/700	16,5	24,8	352	175	190	273,6
6СТ-100А	100	450/750	16,9	25,2	352	175	190	307,8
6СТ-135А	135	460/760	25,7	37,7	513	189	222	367,2
6СТ-180А	180	570/950	34,0	51,2	518	240	242	490,2
6СТ-190А	190	580/960	36,2	54,2	518	240	242	507,0

Стоимость других отечественных аккумуляторов VARTA емкостью от 44 до 100 А·ч колеблется в пределах от 135 до 500 грн. Более подробная информация по ним представлена в таблице 2.

Таблица 2. Технические характеристики аккумуляторов VARTA

Модель аккумулятора	Емкость, А·ч	Габариты (длина×ширина×высота), мм	Цена, грн.	Модель аккумулятора	Емкость, А·ч	Габариты (длина×ширина×высота), мм	Цена, грн.
St 53520	35	197×128×227	225	St 58043	80	317×175×190	423
St 53522	35	197×128×227	213	St 58522	85	302×175×215	468
St 54464	44	212×175×190	177	St 58838	88	353×175×190	471
St 54523	45	237×128×225	240	St 59226	92	353×175×190	477
St 54551	45	237×128×225	252	St 60044	100	353×175×190	489
St 55559	55	246×175×190	195	St 61042	110	394×175×190	522
St 56091	60	249×175×175	336	St 63552	135	514×175×210	678
St 56111	61	247×175×190	342	St 64035	140	513×189×223	681
St 56221	62	246×175×190	303	St 64323	143	514×218×210	711
St 56420	64	278×175×175	360	St 67043	170	513×223×223	771
St 57024	70	270×173×223	369	St 68032	180	513×223×223	798
St 57113	71	278×175×175	381	St 70038	200	518×276×242	966

St 57114	71	278×175×175	312	St 72512	225	518×276×242	987
St 57414	74	278×175×190	390				

Для всех типов аккумуляторов главной проблемой остается вопрос о судовом источнике их перезарядки. При небольшой автономности плавания маломерного судна допускается зарядка аккумуляторных батарей с берега. В условиях длительного плавания под парусами (во время гонок или длительных крейсерских походов) емкости аккумуляторных батарей зачастую не хватает для обеспечения энергией всех потребителей на яхте. В этом случае необходимы дополнительные судовые источники электроэнергии как для их зарядки, так и для питания других судовых потребителей.

Таковыми наиболее популярными источниками электроснабжения на борту маломерных судов и яхт являются дизель-генераторы. Список компаний, предлагающих свою продукцию, довольно большой. К примеру, компания Volkswagen выпускает для катеров и яхт дизель-генераторы мощностью от 30 до 110 кВт. Фирма NANNIDIESEL (Франция) – судовые дизель-генераторы от 9 до 70 кВт с частотой вращения 1500 мин⁻¹.

Фирма Sole предлагает дизель-генераторы с частотой вращения 1500 мин⁻¹ и 3500 мин⁻¹ мощностью от 4,8 кВт до 88 кВт (см. табл. 3). На рис. 1 представлена зависимость выдаваемой мощности дизель-генераторов фирмы Sole от их массы. В случае, когда масса установленного на судне оборудования имеет первостепенное значение (например, для гоночных яхт), именно показатель удельной мощности дизель-генератора в первую очередь влияет на выбор дополнительного источника энергии.

Маломощный судовый дизель-генератор PAGURO 3000 Compact (производитель – V.T.E., Италия) имеет следующие характеристики: двигатель – тип 15W (одноцилиндровый, мощностью 3,6 кВт, частотой вращения 3600 мин⁻¹); напряжение и частота однофазного переменного тока – 230 В, 60 Гц; дополнительное напряжение –

Таблица 3. Технические характеристики дизель-генераторов (частота тока 50 Гц) для катеров и яхт производства фирмы Sole

Модель	Мощность		Число фаз	Напряжение питающего тока, В	Тип двигателя	Размеры (длина×ширина×высота), мм	Вес, кг
	кВ·А	кВт					
Частота вращения 1500 мин ⁻¹							
6-2	6	4,8	1	220	MINI-26	1034×547×465	215
6-3	6	4,8	3	380/220	MINI-26	942×547×465	208
10-2	10	8	1	220	MINI-33	1137×596×524	250
10-3	10	8	3	380/220	MINI-33	1037×596×524	241
15-2Н	15	12	1	220	MINI-44	1195×605×524	370
15-3Н	15	12	3	380/220	MINI-44	1115×605×524	320
20-2	20	16	1	220	MINI-62	1370×695×577	480
20-3	20	16	3	380/220	MINI-62	1335×645×577	404
40-3	40	32	3	380/220	SFN-100	1511×946×670	770
70-3	70	56	3	380/220	SFN-160	1910×921×670	1060
100-3	100	80	3	380/220	SFN-210	1953×921×760	1158
Частота вращения 3500 мин ⁻¹							
8-2	8	6,4	1	220	MINI-17	861×547×482	174
8-3	8	6,4	3	380/220	MINI-17	775×547×482	163
15-2	15	12	1	220	MINI-26	1112×547×465	305

15-3	15	12	3	380/220	MINI-26	1070×547×465	223
25-2	25	20	1	220	MINI-44	1295×605×524	420
25-3	25	20	3	380/220	MINI-44	1260×605×524	385

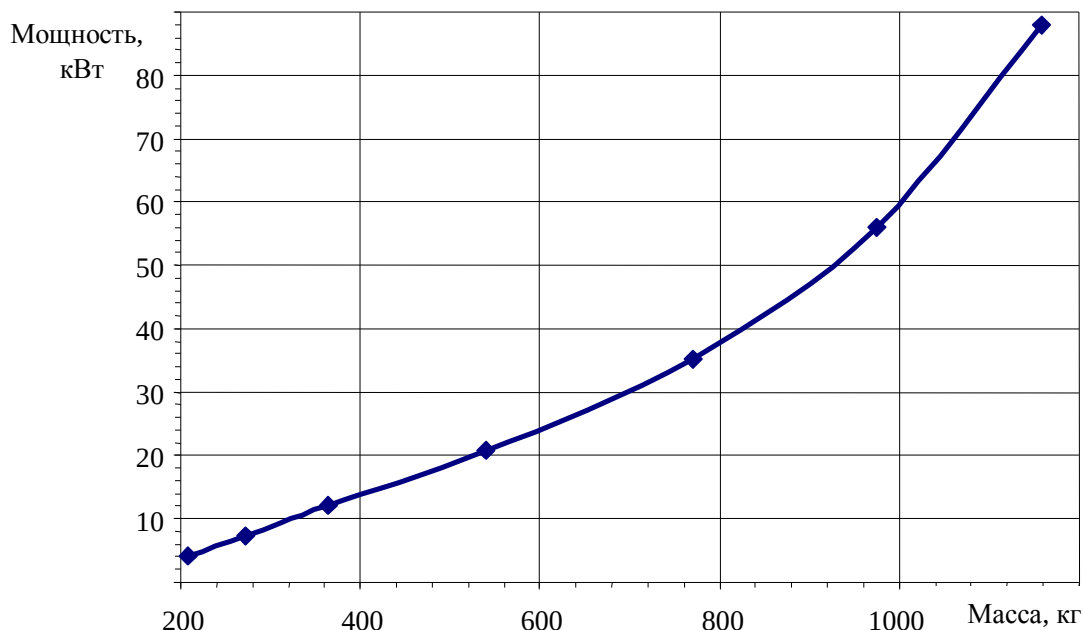


Рис. 1. Зависимость выдаваемой мощности от массы дизель-генераторов морского исполнения фирмы Sole

12 В постоянного тока силой 8 А (для зарядки аккумулятора стартера). Характеристики других дизель-генераторов PAGURO представлены в таблице 4.

Таблица 4. Характеристика маломощных судовых дизель-генераторов PAGURO

Параметр	Марка дизель-генератора			
	6000	8000	12000	16000
Номинальная мощность, кВт	5	7	10	14
Напряжение и частота	Однофазный переменный ток 220 В, 50 Гц (трехфазный переменный ток 380 В или 110 В, 60 Гц по запросу)			
Дополнительное напряжение	12 (24) В постоянного тока для зарядного устройства на 10 А			
Система охлаждения	На забортной воде с теплообменником из нержавеющей стали			

В последнее время большое внимание в мире уделяется практическому использованию возобновляемых источников энергии, которые становятся серьезной альтернативой традиционной энергетике. Список нетрадиционных источников с каждым годом пополняется все более совершенными и экономичными устройствами. Наиболее популяр-

лярными для яхт являются солнечные батареи и ветрогенераторы. Также используются генераторы с буксируемой турбиной и комбинированные ветрогенераторы-турбины.

Основным препятствием применения возобновляемых источников энергии является высокая стоимость преобразующих энергоустановок и низкие значения КПД. Однако цена – это всего лишь одна из характеристик любого товара и её необходимо учитывать в общей совокупности со всеми остальными качествами.

Известно, что каждый год в мире потребляется столько нефти, сколько ее обрабатывается в природных условиях за 2 млн. лет. Другая составляющая стоимости энергии, которая распределяется на все общество и не включается в тарифы за энергию, связана с загрязнением окружающей среды энергетическими установками.

Помимо вышеперечисленных причин, существует также потребность в нетрадиционной энергетике в тех случаях, когда отсутствуют или не функционируют другие источники питания. Ее главный плюс состоит в полной автономности, а для катеров и яхт это качество является первостепенным, поскольку, в случае отказа других источников питания, всегда очень важно обеспечить работу спутникового телефона, GPS-навигации, иметь бортовое освещение и т.д.

Солнечная энергетика нашла наиболее широкое применение в области тепло- (солнечные коллекторы) и электроснабжения (фотоэлектрические преобразователи). Первичными преобразователями, осуществляющими прямое преобразование солнечной энергии в электрический ток, являются солнечные элементы (фотоэлектрические преобразователи). Электрически соединенные солнечные элементы создают базовую основу для солнечных модулей (СМ), которые уже способны вырабатывать достаточно электроэнергии для питания потребителей бытового назначения, а также служить базовыми элементами больших энергосистем. В зависимости от особенностей применения СМ имеют разные конструктивные решения и разные выходные мощности.

Добавив к СМ аккумуляторную батарею, контроллер ее разряда-заряда и соединив их в сеть, получим фотоэлектрическую систему (ФЭС), в которой излишки электроэнергии поступают в сеть, а также накапливаются в аккумуляторе, служащем резервом в случае возникновения дефицита энергии (см. рис. 2). Если потребителю необходимо иметь переменный ток, то к этому комплексу добавляется инвертор – преобразователь постоянного тока в переменный.

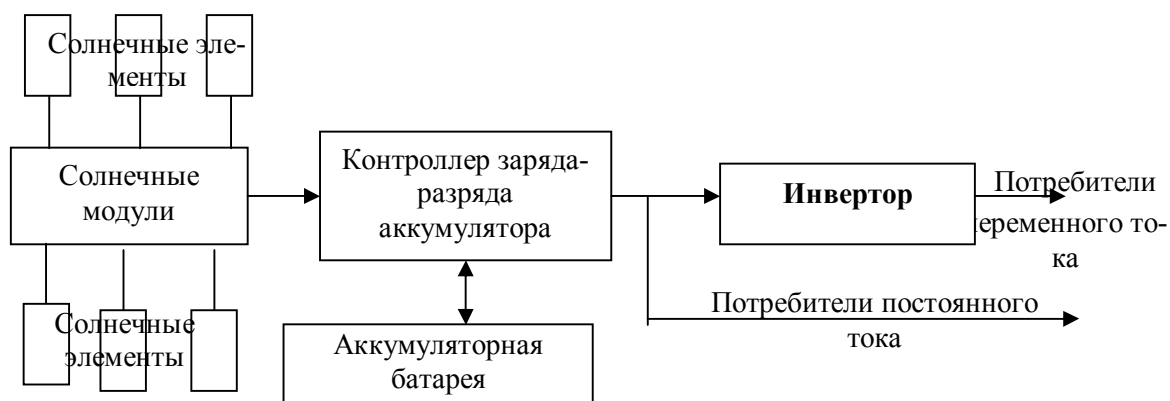


Рис. 2. Схема действия фотоэлектрической системы

ФЭС идеальны для обеспечения электричеством небольших устройств, а также, в вариантах мобильного использования, для путешествий. Они бесшумны и абсолютно

безопасны для окружающей среды, не являются источником вредных отходов или выбросов отработанных газов.

Превратить судно в гелиотранспорт гораздо проще, чем автомобиль: на палубе катера или яхты гораздо больше места для размещения солнечных батарей, чем на кузове автомобиля. Кроме того, на открытых водоемах СМ не затеняются ни домами, ни машинами [6].

Украина имеет большие возможности для производства фотоэлектрических элементов. Их выпускают на заводе чистых металлов в Светловодске и на титаново-магниевом комбинате в Запорожье. Киевский завод "Квазар" изготавливает фотобатареи общим объемом 2 МВт вырабатываемой электроэнергии в год.

Несмотря на пока еще высокую стоимость фотоэлектрических преобразователей, наблюдается значительный рост интереса владельцев яхт к использованию солнечных энергосистем. Чаще всего солнечная энергосистема устанавливается на яхте в дополнение к основному источнику питания, которым является генератор, подсоединенный к двигателю. Например, на катамаране "Пират" (Австралия) устроен настил из солнечных модулей площадью 20 м². В безоблачный день они дают около 2 кВт электроэнергии, что позволяет катамарану развивать скорость до 6 узлов. От солнечных батарей на "Пирате" работает не только тяговый электромотор, но и холодильник, СВЧ-печь и опреснительная установка [7].

Известный путешественник Федор Конюхов (Россия) на своей яхте "Торговая сеть "Алые Паруса" также имеет резервное питание на солнечных батареях.

Проблема солнечных батарей состоит в том, что, на сегодняшний день, на их создание – выплавку, очистку и обработку кремния – расходуется больше энергии, чем они дают за весь срок своей службы. К тому же мощность их недостаточна по сравнению с площадью, необходимой для размещения солнечных элементов.

Целесообразность использования ФЭС можно также оценить по рис. 3, где представлена зависимость теплопроизводительности солнечного коллектора от необходимой площади батареи.

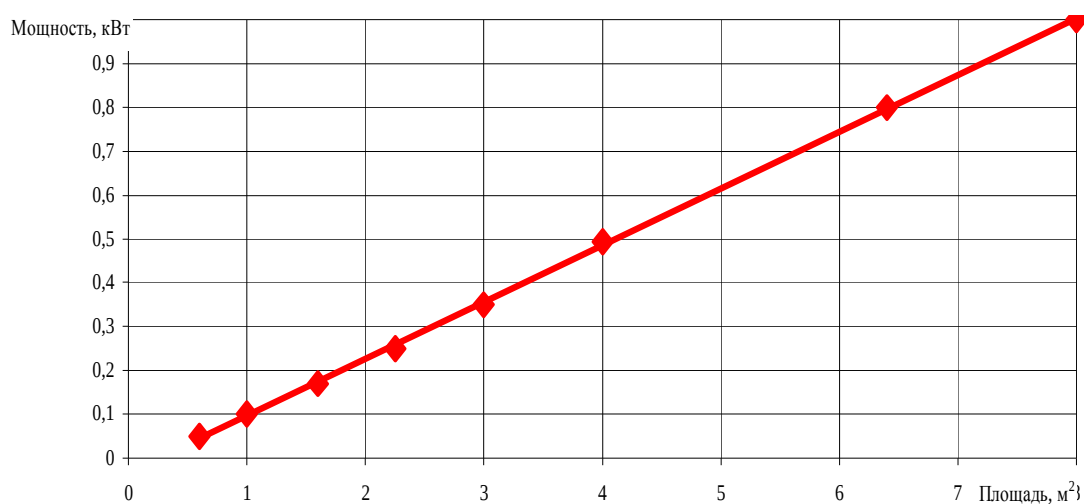


Рис. 3. Зависимость теплопроизводительности солнечного коллектора от площади батареи

В настоящее время наиболее удобными и доступными для частного пользователя альтернативными источниками энергии являются также ветроэлектрические генераторы (ВГ). Они обычно предназначены для зарядки 12 и 24-вольтовых свинцовых и

никель-кадмиевых аккумуляторов, а также могут использоваться для непосредственного питания электрических приборов, работать в сочетании с дизельными, солнечными и другими энергоисточниками, существенно экономя расходы и, в то же время, повышая стабильность электроснабжения [8].

Выходная мощность ВГ непосредственно зависит от скорости ветра, энергия которого преобразуется в электрический ток. Обычно ВГ состоят из четырех функциональных частей: вращающегося под воздействием ветра воздушного винта, устройства крепления этого винта в ветродоступном месте, самого генератора электрического тока и накопительной батареи. В зависимости от конструкции и назначения ветроэлектрической системы составные части могут быть расположены компактно – в мобильных ветроэлектростанциях – или разнесены на некоторое расстояние и сопряжены с другими энергетическими системами – стационарные ветроэлектростанции.

При выборе модели ветрогенератора следует ориентироваться на выходную мощность устройства, на потребность в электроэнергии и на преобладающую скорость ветра. Что касается скорости ветра, то в большинстве регионов мира ее среднее значение находится в пределах 4...10 м/с [9].

Примером морского использования ВГ могут служить генераторы фирмы Aerogen Ltd (Ирландия), рассчитанные на эффективную работу в указанном выше диапазоне скоростей ветра. Они могут давать ток, достаточный для зарядки аккумуляторов, уже при скорости ветра 2,5 м/с и способны выдержать даже шторм. Их характеристики приведены в таблице 5.

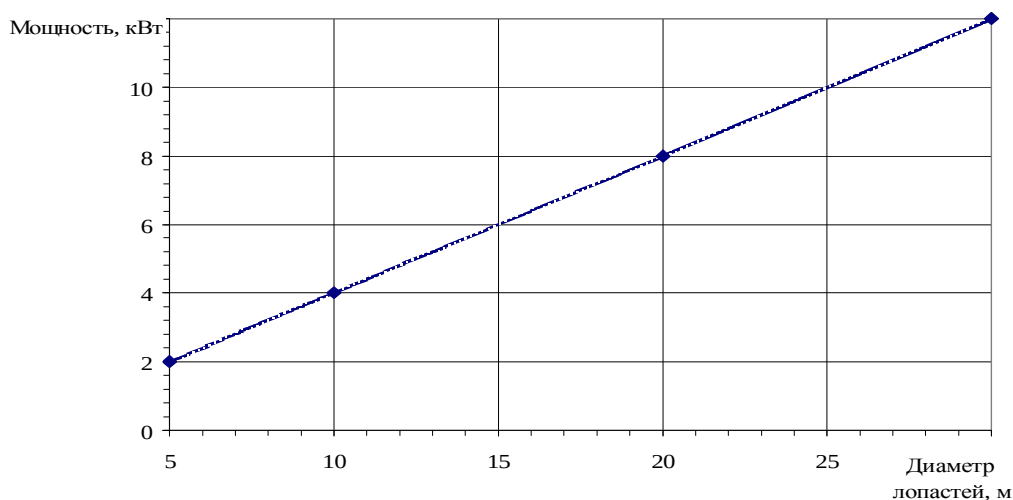


Рисунок 4. Зависимость выдаваемой мощности ВГ от диаметра лопастей

Хотя ВГ создают дополнительное аэродинамическое сопротивление движению судна, к тому же являются источником повышенного шума, но в стояночном режиме, как альтернативный источник энергии, они незаменимы. Зависимость выдаваемой мощности ВГ от диаметра их лопастей представлена на рис. 4. Таблица 5. Характеристики ветрогенераторов фирмы Aerogen Ltd

Применение	Недельное энергопотребление при напря-	Модель ветрогенератора	Выходная мощность генератора за неделю при
------------	--	------------------------	--

	жении 12 В, А·ч		напряжении 12 В, А·ч
Небольшие яхты, дома-фургоны	20–75	Aero2gen	85
Круизные яхты, дома-фургоны	70–300	Aero4gen	300
Яхты с постоянным проживанием, фургоны, летние домики	300–650	Aero6gen	670
Телеметрия, работа на удаленных станциях в трудных условиях	100–300 300–650 650–1000	Aero4gen-F Aero6gen-F Aero8gen-F	300 670 1000
Летние домики, дома в глухих местах, различные экстремальные условия	300–650 650–1000	Aero6gen-F Aero8gen-F	670 1000

Выводы из данного исследования.

1. Выбор источника электроэнергии является одной из основных задач проектирования яхты, поскольку он должен удовлетворять главным требованиям – малые масса и габариты, минимальная стоимость, надежность, простота обслуживания.

2. Из традиционных источников электроэнергии для судов подобного типа чаще всего используются дизель-генераторы и аккумуляторные батареи. К основным нетрадиционным относятся солнечные батареи и ветрогенераторы. На данный момент, учитывая, что цены на солнечные фотоэлектрические модули и ветрогенераторы все еще остаются высокими, наиболее перспективным и доступным источником питания термоэлектрических охлаждающих устройств являются по-прежнему дизель-генераторы.

Список литературы: 1. Андреев А.А., Авдеева Я.Л. Перспективы использования термоэлектрических охлаждающих устройств для яхт и маломерных судов// Кораблестроение: освіта, наука, виробництво: Матеріали міжнародної конференції: В 2 т. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – Т. II. – С.194-196. 2. Филин С. Термоэлектрические холодильники для яхт и маломерных судов// Судостроение. – 1999. – №4. – С.40-41. 3. Захаров Ю.В., Андреев А.А., Авдеева Я.Л. Разработка термоэлектрических систем термостатирования для маломерных судов и яхт// Збірник наукових праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – №3 (389). – С.72-81. 4. Лаврус В.С. Батареи и аккумуляторы. – М.: Наука и техника, 1995. – 48 с. 5. Лаврус В.С. Источники энергии. – М.: Наука и техника, 1997. – 35 с. 6. Артеменко С., Степанов П. Солнечные яхты// Судостроение. – 2003. – №1-2. – С.42-43. 7. Пополов А. "Солнечным" судам – счастливого плавания!// Судостроение. – 2001. – №8-9. – С.55-57. 8. Крючков Ю.С., Перестюк И.Е. Крылья океана. – Л.: Судостроение, 1983. – 256 с. 9. Брюхань В. Ветроэнергетический потенциал свободной атмосферы над СССР// Метрология и гидрология. – 1989. – №6.

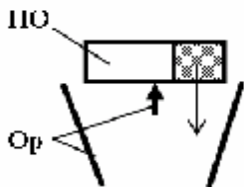
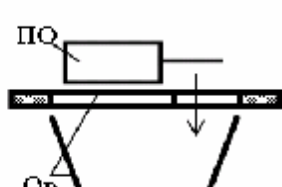
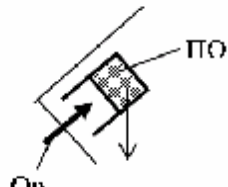
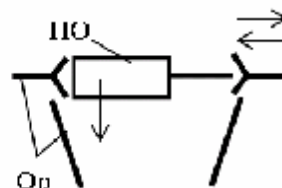
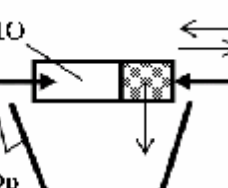
ГРАВИТАЦИОННЫЕ ОРИЕНТАТОРЫ ДЛЯ ОРИЕНТИРОВАНИЯ РАВНОРАЗМЕРНЫХ ПРЕДМЕТОВ ОБРАБОТКИ ФОРМЫ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

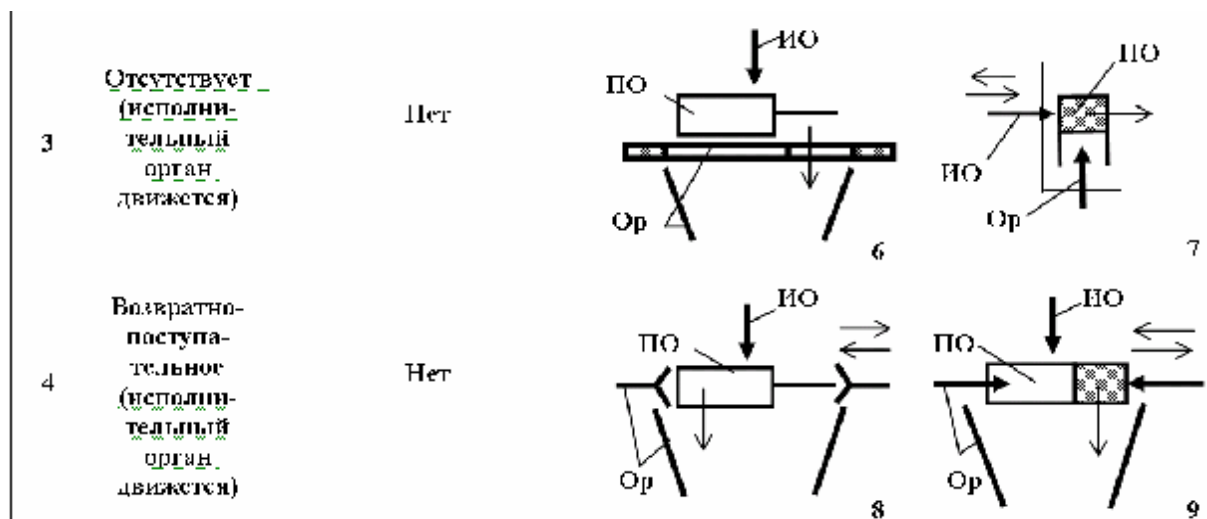
The analysis of the structural circuits of gravitational orientators of the rotors systems of automatic loading intends for the orientation of objects of processing of the form of bodies rotation. The new design of a gravitational orientator is offer for the equiform objects of processing.

В многопозиционных роторных системах автоматической загрузки (САЗ) для ориентирования предметов обработки формы тел вращения, широко применяют механические гравитационные ориентаторы [1]. В таблице 1 представлены наиболее распространенные варианты структурно-компоновочных схем гравитационных ориентаторов (Ор) в роторных САЗ, реализующие активные контактные способы ориентирования предметов обработки (ПО) с использованием геометрических ключей ориентации: асимметрии центра масс или геометрической формы.

Варианты гравитационных ориентаторов (№№ 1 – 5, 6, 8) используют для ориентирования предметов обработки с отношением $l/d \geq 2$, где (l – длина, d – внешний диаметр предмета обработки). Недостатком гравитационного ориентатора № 3, является его малая надёжность при ориентировании предметов обработки типа стаканов с соотношением размеров $l/d < 2$ дном вниз.

Таблица 1. Варианты структурно-компоновочных схем гравитационных ориентаторов

№ п/п	Вид движения ориентатора	Ключи ориентации предметов обработки		
		асимметрия центра масс	асимметрия внешней формы	асимметрия внутренней формы
1	Отсутствует (исполнительный орган отсутствует)			
	Возвратно-поступательное (исполнительный орган отсутствует)	Нет		



Введение в структуру гравитационного ориентатора движущегося исполнительного органа (№№ 6 – 9) позволяет не только повысить их производительность, но и расширить технологические возможности за счет ориентирования предметов обработки с отношением $1,2 \leq l/d \leq 2$ и не ярко выраженной асимметрией свойств. Однако в этом случае в структуре ориентатора появляются элементы привода движения исполнительных органов, что приводит к усложнению его конструкции и снижает эффективность применения ориентатора в конструкциях многопозиционных роторных САЗ.

С целью устранения рассмотренных недостатков был разработан ориентатор, способный ориентировать равноразмерные предметы обработки типа стаканов, с соотношением размеров $l/d < 1,5$ дном вниз, имеющий высокую надёжность, минимальное время ориентирования, простую конструкцию и отсутствие элементов привода (рис.1).

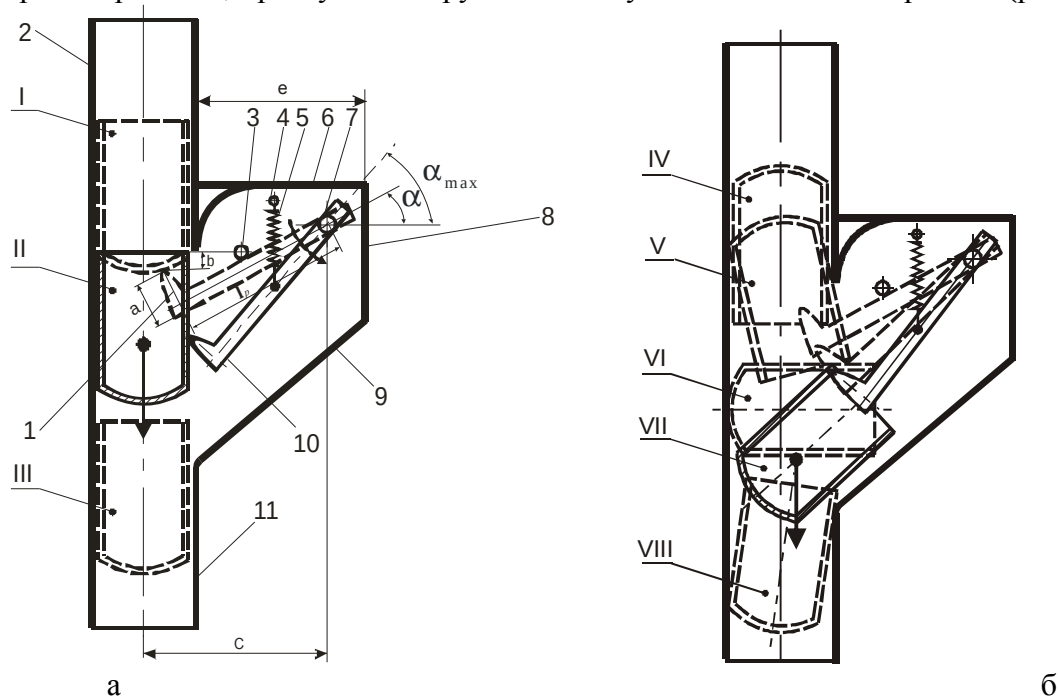


Рис. 1. Схема гравитационного ориентатора

Ориентатор (рис. 1, а) состоит из входного канала 2, приёмного канала 11, вертикальной 8, горизонтальной 6 и наклонной 9 стенок корпуса ориентатора. В корпусе установлен рычаг 10 с захватным концом 1, закреплённый на оси 7 с возможностью поворота, и подпружиненного пружиной 5. В исходном положении рычаг установлен под некоторым углом α к горизонтали. Пружина закреплена на корпусе ориентатора 4, на котором смонтирован упор 3, фиксирующий верхнее положение рычага.

Если предмет обработки поступает вертикально вниз по входному каналу дном вниз (рис. 1, а), то он своим глухим торцом ударяется о захватный конец 1 рычага 10 (пол. I). Рычаг 10 под действием силы тяжести и кинетической энергии предмета обработки начинает отклоняться на угол α_{max} , растягивая пружину 5, освобождая предмету проход по вертикальному каналу (пол. II). Предмет обработки поступает в приёмный канал 11 (пол. III), а рычаг под действием пружины возвращается в исходное положение, упираясь в упор 3, закреплённый на корпусе ориентатора.

При поступлении предмета обработки во входной канал дном вверх (рис. 1, б), он захватывается захватным концом рычага (пол. IV). Под действием силы тяжести и кинетической энергии предмета обработки рычаг начинает отклоняться, растягивая пружину, захватный конец рычага, зацепившись за внутреннюю стенку предмета обработки начинает его поворот (пол. V – VII). Форма захватного конца рычага, длина рычага, расположение наклонной стенки в корпусе ориентатора, угол отклонения рычага α_{max} относительно его начального положения обеспечивает надёжное ориентирование предмета обработки в приёмный канал (пол. VIII).

Ось крепления рычага располагается на расстоянии c равном $c = 2d$.

Высота захватного конца рычага равна:

$$a = 0,5 \sqrt{d_{BH}^2 + \frac{l^2}{4}},$$

где d_{BH} - внутренний диаметр предмета обработки.

Расстояние от вершины захватного конца рычага в его начальном положении до корпуса ориентатора b удовлетворяет неравенству $b \leq 0,25l - a \cos \alpha$, где a – высота захватного конца рычага; α - начальный угол наклона рычага относительно горизонтальной оси.

Длина рычага зависит от размеров предмета обработки, начального угла наклона α рычага и удовлетворяет неравенству:

$$l_p \geq \frac{2d - \frac{d_{BH}}{2}}{\cos \alpha}.$$

Расположение вертикальной стенки корпуса ориентатора относительно ближней стенки входного канала зависит от расположения оси крепления рычага и выбирается из условия $e > 2d - \frac{d_{BH}}{2}$.

Жесткость пружины C и величина предварительного натяжения $X_{пр}$ пружины рычага определяется по формулам:

$$C = \frac{0,5 \cdot d \cdot mg \cdot \cos(\alpha_{max} - \alpha)}{R \cdot \sin(\alpha_{max} - \alpha) \cdot l_{пр} \cdot \cos \alpha_{max} \cdot \cos \alpha};$$

$$X_{\text{пр}} = \frac{R \cdot \sin(\alpha_{\text{max}} - \alpha) \cdot \cos \alpha_{\text{max}} \cdot (2l_p \cdot \cos \alpha + 1)}{d \cdot \cos(\alpha_{\text{max}} - \alpha)},$$

где m – масса предмета обработки; g – ускорение свободного падения; $l_{\text{пр}}$ – длина пружины; l_p – длина рычага; h – высота, на которую отклонился конец захватного рычага относительно начального положения.

Высота, на которую отклонится конец захватного рычага относительно начального положения $h = r \sin(\alpha_{\text{max}} - \alpha)$, где r – расстояние от оси рычага до места крепления пружины на рычаге.

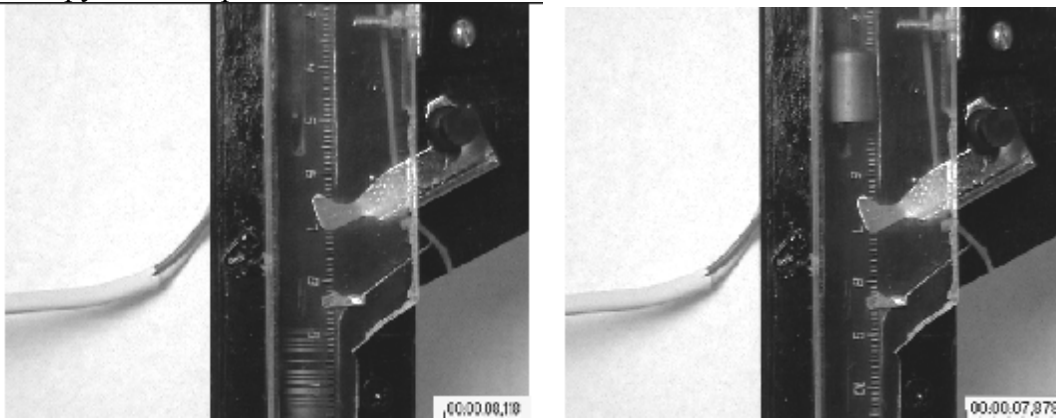


Рис. 2. Кинограммы процесса ориентирования предмета обработки в гравитационном ориентаторе

Авторами был разработан макет гравитационного ориентатора для ориентирования стального предмета обработки типа стакана с соотношением размеров $l/d = 1,5$ ($d = 10$ мм). Проведённые эксперименты в стационарном положении ориентатора с использованием съемки процесса ориентирования предмета обработки на цифровую видеокамеру показали надёжную работу ориентатора. Расшифровка экспериментальной кинограммы (рис. 2) позволила оценить время ориентирования предмета обработки, которое составило $\approx 0,125-0,13$ с.

Сравнение времени ориентирования предмета обработки, полученного экспериментально, с теоретически рассчитанным временем свободного падения предмета обработки без учета трения предмета о стенки канала показало, что величины времени различаются не более чем на 25 %. Различие между экспериментальным временем вертикального движения предмета дном вниз (см. рис. 1, а) и временем ориентирования (см. рис. 1, б) составляет не более 15 %.

Таким образом, для предварительных расчетов времени ориентирования $t_{\text{ор}}$ предмета обработки в данном гравитационном ориентаторе при его применении в структуре роторных САЗ можно использовать приближенную формулу $t_{\text{ор}} = \sqrt{\frac{2H}{g - \mu\Omega^2 R}}$, где H – величина

перемещения предмета обработки; μ – коэффициент трения; Ω – частота вращения роторной САЗ; R – радиус расположения ориентатора (расстояние от оси вращения САЗ до продольной оси входного канала ориентатора).

Результаты предварительных исследований показали, что разработанный ориентатор может эффективно использоваться в конструкциях многопозиционных роторных САЗ для

ориентирования дном вниз равноразмерных предметов обработки типа стаканов с отношением $l/d \leq 1,5$.

Список литературы: 1. Прейс В.В. Системы автоматической загрузки штучных предметов обработки в роторные и роторно-конвейерные линии // Вестник машиностроения. Вып. 12, 2002. С. 34-38. 2. Астраханцев А.Г. Анализ производительности способов активного ориентирования предметов обработки в роторных ориентирующих устройствах // Сб. трудов междунар. конф. «АПИР-10». Тула: Изд-во ТулГУ, 2005. С.42-44.

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ

**Аубакирова О.С., Мухамадеева Р.М., Наргузина Х.Р., Яровая Е.А.
Исмагулов Е.Ю. (СКГУ, г. Петропавловск, Казахстан)**

Article consists material about needing of installing SAPR in educating procces. Considered advantages of complex of programm products of family KOMPAS.

От сроков выпуска, качества и точности соответствия требованиям заказчиков зависят объемы реализации произведенной продукции, а, следовательно, прибыль и будущее развитие предприятия.

Одним из вариантов развития современных предприятий является автоматизация рабочих мест конструктора и технолога. Но полноценного эффекта от разрозненной автоматизации не происходит, так как данное решение не меняет традиционный и последовательный подход к процессу создания и подготовки производства изделия.

В результате автоматизация не приносит ни полной экономической эффективности, ни действительно сокращения срока подготовки производства. Без организации параллельного выполнения работ и взаимодействия конструкторов, технологов, снабженцев, экономистов и других специалистов при разработке документации на изделие достичь по настоящему значительного сокращения сроков невозможно.

Взаимодействие и параллельное выполнение работ могут быть организованы только при условии создания внутри предприятия или группы предприятий единого информационного пространства данных о корпоративной продукции.

Конструкторы, технологи другие специалисты не только получают информацию об изделии, но также и дополняют ее, формируя состав изделия, который будет актуальным для разных служб предприятия. В дальнейшем, после изготовления изделия, информация о нем будет использована сервисными подразделениями для планового обслуживания, заказчиком — для конфигурирования готовой продукции под свои специфические потребности, а инженерным составом — для модернизации и изготовления нового изделия на основе ранее спроектированного.

С каждым годом системы автоматизированного проектирования приобретают все новые функциональные возможности, позволяющие пользователям решать различные производственные задачи. Поэтому в настоящее время особенно актуальным становится наличие в САПР не только хороших функциональных возможностей и удобного пользовательского интерфейса, но и широкого набора прикладных модулей, решающих специализированные задачи, присущие определенным отраслям промышленности.

Трехмерное твердотельное моделирование – это одно из самых интересных и перспективных направлений компьютерных технологий. Широкое применение 3D-графики уже началось в промышленности, в том числе и на предприятиях Северного Казахстана, следо-

вательно, возникла необходимость подготовки специалистов, владеющих технологией создания трехмерных моделей.

Невозможно говорить о качественной подготовке инженера без упоминания программных продуктов, которые использовались в процессе его обучения. Профессиональная квалификация выпускника технической специальности требует не только инженерных знаний, но и свободного владения современными информационными технологиями.

Отечественная промышленность с надеждой смотрит на новое поколение инженеров. Требования, предъявляемые к продукции, требования рынка, требования международных партнеров, всё подтверждает необходимость максимального использования информационных технологий в образовательном процессе.

Достаточно сложная ситуация сложилась и в сфере производства, и в высшей школе, когда старые и опытные инженерные кадры не владеют прогрессивными компьютерными методами конструирования и подготовки производства, а молодые, адаптированные к инновационным технологиям не имеют достаточного производственного опыта. Единственное условие для получения максимального эффекта – это идентичность информационной среды инженера и студента.

Актуальность связи производства с высшей школой возросла. Начался промышленный подъем, и начали формироваться новые требования к специалистам. Промышленные предприятия стали ориентироваться на мировой рынок, следовательно, началось их оснащение автоматизированными системами проектирования и производства. Естественно, для работы и обслуживания САПР стали нужны инженеры, владеющие современными информационными технологиями. Владение просто «электронным кульманом» теперь стало самым минимальным навыком для выпускника технического Вуза.

В Северо-Казахстанской области, традиционно считающейся промышленной, на крупных машиностроительных предприятиях произошли значительные изменения. Основной задачей любого предприятия, вне зависимости от направления деятельности, уровня и масштабов производства, теперь является завоевание рынка. Каждый изготовитель стремится производить конкурентоспособную продукцию. Для этого требуется гибкость и быстрота реагирования на конъюктуру рынка. Учитывая, что большая часть затрат (около 70%) в промышленности приходится на конструкторско-технологическую подготовку производства, следует признать, что внедрении САПР стало насущной необходимостью.

Просто внедрение САПР дает максимальный эффект только в случае создания единого информационного пространства. Наличие АРМ (автоматизированного рабочего места) конструктора и АРМ технолога без автоматизированной связи между ними замедляет процесс подготовки производства.

В настоящее время полностью внедрен КОМПАС и началось освоение ПО ЛОЦ-МАН:PLM на самом крупном и передовом предприятии Северо-Казахстанской области АО ПЗТМ.

Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева еще в 2000 году внедрил в учебный процесс чертежно-конструкторский редактор КОМПАС-ГРАФИК, который в первую очередь, привлек внимание своей доступностью. Продукт предназначен для быстрого и удобного выполнения чертежей в полном соответствии с ГОСТами ЕСКД.

Появление простых и главное, используемых на предприятиях города, программных продуктов для выполнения графических работ потребовало введения в учебный процесс новой дисциплины - «Компьютерная графика». Учащиеся, начиная с первого курса, параллельно с изучением классического "бумажного" черчения знакомятся с современными средствами подготовки конструкторской и технологической документации.

Совершенно логичным в 2003 году явилось приобретение лицензионной версии КОМПАС V6 для Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева.

Базовые знания, полученные при изучении дисциплины «Инженерная и компьютерная графика», студенты эффективно используют далее при изучении таких общетехнических дисциплин, как «Сопротивление материалов», «Теория механизмов и машин», «Детали машин и основы конструирования» и др. Наконец, логическим завершением этого процесса является использование систем САПР на выпускающих кафедрах: «Технология машиностроения», «Приборостроение», «Строительство и архитектура», «Информационно-измерительная техника и технология» и др.

Внедрение, принятой за базовую, системы КОМПАС, позволяет вести обучение в Вузе на качественно новом уровне. Студент не тратит свое основное время на выполнение рутинной чертежной работы. Используя прикладные библиотеки, сборочные чертежи изделий он может получать в самые короткие сроки. Но основное достоинство САПР в образовательном процессе, это простор для инженерного творчества.

В настоящий момент в СКГУ осваивается система КОМПАС – 3D предназначенная для создания трехмерных параметрических моделей, отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как типичные, так и нестандартные, уникальные конструктивные элементы. Параметризация позволяет быстро получать модели типовых соединений на основе единоразово спроектированных прототипов.

Модель, построенная в КОМПАС-3D, в первую очередь, обладает наглядностью. Плоский чертеж иногда просто физически не может быть реализован в производстве, если деталь является нетехнологичной, то трехмер наглядно это продемонстрирует. Во-вторых, еще на этапе проектирования можно без особых усилий посчитать массу детали, площадь ее поверхности и другие массо-центровочные характеристики. Эти данные могут быть необходимы для подготовки производства изделий, при определении заказа на материалы заготовок и расчете стоимости гальванических или других покрытий. В третьих, конструкторская документация на изделие выпускается только после того как модель продемонстрирована потенциальному заказчику или инвестору и в нее внесены все изменения по их пожеланиям, а это значительная экономия и времени и сил.

Студенты, владеющие КОМПАСом, моделируют изделие и за считанные минуты в полуавтоматическом режиме, системой создается конструкторско-технологическая документация (деталировка, спецификация и т.д.).

Овладев техникой трехмерного моделирования, будущий инженер может на плоском экране увидеть и продемонстрировать объемное изображение любого изделия. Это является мощным стимулом для создания все более и более совершенного изделия. Закладывается основа для творческого развития будущего специалиста.

Естественно, что с внедрением в учебный процесс систем автоматизированного проектирования, стало необходимым совершенствовать и методику преподавания.

Появились новые подходы к формам организации и методам аудиторной работы студентов с преподавателями. Потеряло смысл традиционное проведение занятий (например по дисциплине «Начертательная геометрия») с большой аудиторией и конспектирование лекций студентами. Поменялся стиль самостоятельной работы. Высвободилось время для получения дополнительного материала и проведения индивидуальных занятий по некоторым спец. дисциплинам. Учащимся представилась возможность не только для самостоятельного изучения материала, но и для самоаттестации. Появилась возможность для ускоренного или углубленного изучения некоторых тем.

Можно с уверенностью сказать, что все возрастающий объем требующихся знаний, для успешной работы специалиста, невозможно получить без использования современных информационных технологий и инновационных методик в системе технического образования.

Список литературы: 1. Потемкин А. Трехмерное твердотельное моделирование. – М.: компьютер, 2003 г. Попов - 295 с. 2. «САПР и графика» 2006,2005 №1,№3, №12. 3. ИТО 2005, №1, №4.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ МАШИН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ахремчик О. Л. (ТГТУ, Тверь, Россия)

The automation syfstem design is considered as a stage of agricultural assignment machine synthesis. For example the grain dryers are chosen. The model of machines of agricultural assignment and process of their synthesis are represented as hierarchy. The hierarchical components are determined by means of lower level elements and the system operator. The allocation principles of a separate level of hierarchy are offered. The generalized description, automation system structure and stages of its synthesis are considered. The approach features are marked.

Зерносушилки относятся к машинам сельскохозяйственного назначения. В Тверской области РФ комплексы для сушки зерна производят ОАО «Бежецксельмаш» и ОАО «Тверьсельмаш». По объему выпуска производство следует отнести к мелкосерийному. Комплексы, выпускаемые ОАО «Тверьсельмаш», относятся к сушилкам карусельного типа и предназначены для сушки зерновых культур (пшеницы, ячменя, ржи, овса, подсолнечника и др.). В качестве основного оборудования в них входят: система бункеров, набор транспортногo оборудования, сушильная камера, горелка.

Изучение сложившегося рынка машин сельскохозяйственного назначения показало насущную необходимость включения в состав оборудования зерносушилки системы автоматизации (СА). Таким образом, выдвигается положение – СА является частью машин сельскохозяйственного назначения. Выделенная составляющая обуславливает неотъемлемое влияние на системообразующий признак комплекса в виде эффекта взаимодействия.

Для реализации основных функций комплекса требуется взаимодействие технологического оборудования, технического, программного, информационного, организационного обеспечения и оперативного обслуживания.

В соответствии с ЕСТПП в перечень работ технологической подготовки производства (ТПП) устройств машиностроительного назначения входят:

- = разработка технологического маршрута преобразования исходного материала в изделие с заданными свойствами;
- = создание средств технического оснащения, специального технологического оборудования, инструментов и приспособлений, организация рабочего пространства;
- = образование нормативной материальной и трудовой базы;
- = разработка организационно-методологического обеспечения.

Представленное положение приводит к тому, что комплектация средств и систем автоматизации становится этапом технологической подготовки производства зерносушилки. Ранее этап создания СА начинался после изготовления сушилки и регламентировался требованиями ЕСКД.

В инженерной практике применяются два метода проектирования машин сельскохозяйственного назначения: метод итераций и метод синтеза. При синтезе комплекса для сушки зерна его целевой функцией является достижение заданной массовой доли влаги выходного продукта, зависящей от многих параметров (времени сушки, вида и исходных свойств сырья, температуры в камере, уровня зерна в камере, производительности сушилки и т. д.).

На этапе синтеза необходим учет взаимодействия всех структурных составляющих. Общая модель машин сельскохозяйственного назначения и процесса их синтеза может быть задана соотношениями, определяющими: во первых, иерархическое описание комплекса; во вторых, описание каждой системной характеристики на различном уровне расчленения.

Под иерархией комплекса для сушки зерна как машины сельскохозяйственного назначения будем понимать представление его в виде системы S и отображение S с выделением свойств p , которое эквивалентно отображению составляющих ее элементов более низкого уровня S_i с их свойствами p_i , связанными между собой системообразующим оператором $\langle O \rangle$.

Каждая из составляющих определяется с помощью элементов более низкого уровня и системообразующего оператора $\langle O_i \rangle$:

$$\begin{aligned} S(p) \langle O \rangle S_1(p_1) S_2(p_2) \dots S_n(p_n) \\ S_1(p_1) \langle O_1 \rangle S_{11}(p_{11}) S_{12}(p_{12}) \dots S_{1m}(p_{1m}) \\ \dots \dots \dots \\ S_n(p_n) \langle O_n \rangle S_{n1}(p_{n1}) S_{n2}(p_{n2}) \dots S_{nm}(p_{nm}). \end{aligned}$$

Свойством иерархических структур является сложность, многосвязность, способность изменяться во времени в процессе синтеза. Изменение во времени включает объединение элементов и структур между собой, приобретение новых свойств, разъединение.

Одним из основных этапов иерархического описания является выделение иерархических уровней. Определим принципы выделения отдельного уровня в иерархическом описании машин сельскохозяйственного назначения. Новый уровень выделяется если:

= различны модели функционального и(или) структурного описания объектов, входящих в данный уровень;

= различны виды и способы обработки сырья, перерабатываемого с использованием данного комплекса.

При синтезе комплекса для сушки зерна введенное выше положение определяет необходимость рассмотрения уровня СА.

Определим СА пятеркой системных характеристик:

$$LAS = \langle C, F, S, P, H \rangle,$$

где LAS – система автоматизации, C – связи СА с технологическим оборудованием и оперативным персоналом, F – выполняемые функции, S – структура СА, P – совокупность свойств, H – описание ЖЦИ. H описывает свойства и режим эксплуатации (проектирования), ее состояние после модернизации, перенастройки.

По функциональному назначению можно выделить в составе СА – систему автоматического управления (САУ) влажностью, САУ уровнем зерна, САУ горелкой, САУ электрическими приводами, систему централизованного контроля и сигнализации, систему передачи данных. СА как иерархия имеет в своем составе подуровни – датчиков и исполнительных устройств, приборов регулирования, устройств централизованного контроля и хранения информации, устройств сигнализации, программных модулей.

Уровень автоматизации машин сельскохозяйственного назначения зависит от многих факторов, в том числе номенклатуры и времени жизненного цикла средств и систем автоматизации. Составляющие зерносушильного комплекса, рассматриваемые без учета системообра-

зующего признака, имеют разное время жизненного цикла. Наиболее длительное время жизни (десяtkи лет) имеет технологическое оборудование (сушильная камера, бункерное оборудование, транспортеры и их приводы). СА и ее элементы имеют время жизни несколько лет. Программные модули имеют время жизни несколько лет, но время их обновления - до года. Данная особенность не учитывалась при рассмотрении СА как отдельной системы. Теперь же процесс реинжиниринга СА является составляющей процесса эксплуатации комплекса. Предпочтительным является выбор технических средств автоматизации, динамика обновления модельного ряда которых и программного обеспечения является прогнозируемой.

При рассмотрении СА как составляющей машинного комплекса получение управляющих воздействий на исполнительные устройства СА предлагается рассматривать как технологическую операцию процесса, протекающего в машине. Техническими ограничениями, определяющими возможные варианты проектируемой операции, являются требования к выходному продукту и системные характеристики технологического оборудования (конструкция, размеры и др.), множество моделей оборудования и процессов, протекающих в нем (в частности в сушильной камере), необходимые инструментальные наладки (настройка влагомера на вид сырья при использовании эталонных приборов).

Задача синтеза технологической операции состоит в том, чтобы при заданных ограничениях определить не худшие из возможных: способ управления влажностью, связь между составляющими комплекса по блокировкам и сигнализации, способы передачи и визуализации данных, виды приборов.

Критерием оптимальности при выборе служит технологическая себестоимость операций по автоматизации зерносушилки, вычисляемая как сумма затрат, связанных с ее выполнением. При отдельном рассмотрении технологического оборудования и систем управления расчет указанного параметра выполнялся на стадии оценки целесообразности создания СА.

Синтез технологической операции получения управляющих воздействий в зерносушилке разделяется на этапы:

- = определение способа измерения влажности продукта и его учета в системе автоматизации;
- = определение способа управления и построение модели системы, обеспечивающей данное управление;
- = определение взаимосвязей технологического оборудования, состояние которого изменяется при отклонении влажности от заданного значения;
- = построение модели систем, обеспечивающих контроль и изменение состояния технологического оборудования, определение порядка выполнения блокировок и совмещение их по времени;
- = моделирование процессов управления;
- = корректировка моделей;
- = выбор элементов для технической реализации моделей;
- = определение технико-экономических характеристик операции;
- = получение набора операций и выбор рационального для сложившихся условий производства варианта.

Взаимосвязь СА и технологического процесса является двунаправленной. Так процесс установления показаний при включении и перенастройке поточного влагомера типа «Фауна» влияет на изменение продолжительности сушки, скорость подачи зерна, уровень его в бункере и т. д.

Для объединения введенной технологической операции с другими необходимо наличие технологической совместимости. Две операции обладают технологической совместимостью, если состояние продукта на выходе одной является исходным для другой. СА и техно-

логическое оборудование зерносушилки совместимы, если с одной стороны расположение и размеры измерительных преобразователей и исполнительных устройств не оказывают влияния на режимные параметры, а с другой стороны изменение свойств сырья и режимных параметров в заданном диапазоне не приводит к отклонениям в работе систем управления. Примером является влияние сорности сырья на показания поточного влагомера. Таким образом можно говорить о совместимости методов измерения режимных параметров, выработки и организации управляющих воздействий с технологическими возможностями оборудования.

Предлагаемый подход приводит к взаимовлиянию двух отраслей знаний: области машин и аппаратов сельскохозяйственного назначения и области автоматизации технологических процессов. Данные области знаний дополняются знанием инструментов проектирования – систем моделирования и автоматизированного проектирования. Необходимой потребностью становится взаимосвязь систем проектирования технологических машин и систем автоматизации. Взаимодействие должно поддерживаться на уровне обмена данными при программной реализации проектных модулей на ЭВМ.

Модуль разработки конструкций машин и аппаратов должен формировать и обеспечивать передачу данных для модуля разработки СА, другими словами отвечать принципу построения открытых систем. Оба модуля должны обеспечивать передачу данных в систему моделирования и взаимодействовать с базой данных элементов и конструкций.

Выводы:

Предложено рассматривать СА как составляющую машин сельскохозяйственного назначения.

СА изменяет иерархическую организацию комплекса машин и аппаратов. Предложены принципы выделения иерархических уровней в составе зерносушилки. Для уровня СА определены подуровни и основные составляющие.

Отмечено различное время жизненного цикла технологического оборудования и систем автоматизации, что заставляет учитывать необходимость реинжиниринга СА в период эксплуатации комплекса.

Процесс получения управляющих воздействий в СА предложено рассматривать как технологическую операцию. Произведена постановка задачи синтеза данной операции и выделены основные этапы ее решения. Определены возможности технологической совместимости введенной операции с другими.

Отмечается необходимость использования принципа открытых систем при использовании комбинации САПР технологического оборудования и САПР СА.

ОПИСАНИЕ ДЕТАЛИ КАК ОБЪЕКТА ПРОИЗВОДСТВА

Базров Б.М. (ИМАШ, Москва, Россия)

In the report representation of a design of a detail in the form of its technological scheme with the corresponding characteristics, establishing communications between a design of a detail and process of its manufacturing is done.

Деталь на протяжении своего жизненного цикла проходит, как правило четыре стадии: изготовление, эксплуатация, ремонт, утилизация.

На каждой стадии действуют свои технологические процессы, учитывающие характеристики, соответствующие каждой ее стадии.

Поэтому для каждой стадии жизненного цикла должно быть свое описание детали с соответствующими характеристиками.

Однако, практически имеется только одно описание детали как объекта эксплуатации, являющееся результатом конструкторской разработки в виде конструкторского чертежа.

Отсутствие описания детали как объектов производства, ремонта, утилизации (не надо путать с технологичностью) приводит к неопределенности постановки задачи, что затрудняет разработку соответствующего технологического процесса, снижает его качество.

В связи с изложенным представляется актуальной разработка описания детали как объектов производства, ремонта, утилизации.

Как следует из рис.1, на котором отражена схема взаимоотношений детали и стадий ее жизненного цикла процесс эксплуатации является первичным и предъявляет соответствующие требования к детали. Что касается остальных стадий, то первичным является деталь, определяя соответствующими своими характеристиками требования к технологическим процессам изготовления, ремонта и утилизации.

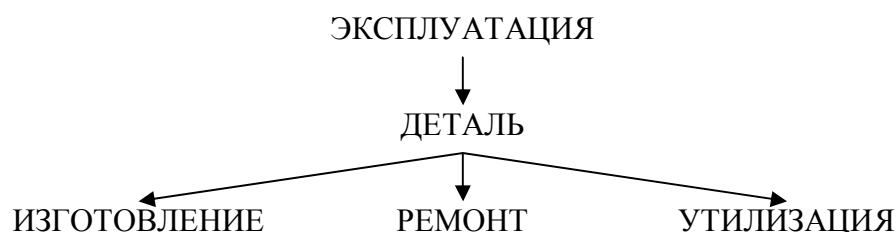


Рис.1. Связи детали со стадиями жизненного цикла

Задача состоит в том, чтобы выявить у детали эти характеристики для каждой стадии, например, если процесс эксплуатации предъявляет требования к материалу детали по износостойкости, прочности и т.п., то процесс изготовления детали строится с учетом обрабатываемости материала, а процесс утилизации – с учетом способности к его разрушению.

Аналогично и конструкция влияет разными своими сторонами, свойствами на эти технологические процессы.

Рассмотрим этот вопрос применительно к детали как объекту производства. Первой задачей в описании детали как объекта производства является выявление тех свойств ее конструкции, характеристики которых непосредственно связаны с технологическим процессом изготовления, и на этой основе заменить реальную конструкцию детали на некоторый ее абстрактный образ, отбросив все несущественное, что непосредственно не связано с процессом обработки.

В результате приведенных исследований такие характеристики конструкции детали были выявлены и получили название технологических характеристик. В итоге был предложен образ конструкции детали в виде технологической схемы конструкции детали (ТСКД) [1], когда в качестве исходных данных выступает конструкторский чертеж детали представленный в модульном исполнении.

Технологическими характеристиками конструкции детали являются сторона, плоскость и МП.

Сторона (С) – это направление в конструкции детали, перпендикулярно которому располагаются одна или несколько параллельных плоскостей, с расположенными на них МП или отдельных поверхностей МП.

Положение С детали характеризуется перпендикуляром восстановленным к плоскости расположенной на С, обращенной к инструменту, причем в какой точке плоско-

сти восстановлен перпендикуляр не имеет значения.

Наличие у детали стороны определяет потребность в установке (Уз) заготовки в позицию и соответственно ее снятии (Рз). Таким образом, наличие С всегда означает потребность в Уз,Рз.

Второй характеристикой является **плоскость (П)** перпендикулярная направлению стороны с расположенными на ней одним или несколькими МП.

Наличие плоскости означает потребность в настройке ($H^{(1)}$) инструмента по одной координате параллельной направлению стороны. Отсюда сколько на одной С будет П, столько потребуются $H^{(1)}$.

Третьей характеристикой является **МП**, наличие которого означает потребность в общем случае настройки $H^{(2)}$ инструмента по двум координатам на плоскости и совокупности вспомогательных и технологических переходов, составляющих модуль технологического процесса (МТИ) изготовления МП.

В таблице 1 приведены связи между технологическими характеристиками конструкции детали и элементами непосредственно процесса обработки (ЭПО).

Таблица 1 Связи технологических характеристик детали с процессом обработки

Характеристика детали	Элементы технологического процесса
С	Уз, Рз
П	$H^{(1)}$
МП	$H^{(1)}$, МТИ, [(n-1), Уз, Рз]
n – число сторон, на которых расположены поверхности МП	

С помощью перечисленных технологических характеристик строится образ детали как объекта производства в виде ТСКД.

ТСКД дает первое представление о технологии изготовления детали и описывается своими характеристиками, которые в совокупности с первыми тремя дают более полное описание конструкции детали как объекта производства.

Одной из таких характеристик ТСКД является **ряд плоскостей**. **Ряд (Р)** плоскостей – это группа плоскостей, принадлежащих одной С, расположенных перпендикулярно ее направлению.

Р характеризуется числом плоскостей и величинами расстояний между ними; при этом С может иметь только один Р.

В качестве других дополнительных характеристик ТСКД примем характеристики типовых конструктивных решений конструкции детали, состоящих из групп МП.

Как показал анализ многочисленных конструкций деталей, располагающиеся на одной её стороне МП, группируются по двум направлениям:

- 1) от плоскости к плоскости;
- 2) вдоль плоскости.

Если группа МП расположенных на нескольких плоскостях одного ряда объединена общей осью, то такую группу назовем **осью (О)**, а группу МП расположенных на одной плоскости – **контуром (К)**.

Дадим определения этим группам МП и установим их характеристики.

Ось (О) – это группа МП, содержащих поверхности вращения, расположенных на нескольких плоскостях одной С и лежащих на одной оси, параллельной направлению С.

О характеризуется направлением С, номенклатурой и количеством МП, входящих в её состав.

Положение **О** на направлении **С**, ограничивается крайними плоскостями, на которых расположены ее МП, где началом **О** является крайняя плоскость с внешней стороны детали (рис. 2,а). На одной **С** может располагаться параллельно несколько **О** (рис. 2,б).

Контур (К) – это группа МП в количестве двух и более МП, лежащих в одной плоскости, соединение которых линией образует контур (рис. 2,в), вырождающийся в прямую линию при наличии только двух МП. На одной плоскости может располагаться от одного до нескольких **К**.

К характеризуется номенклатурой МП, их количеством и формой контура. Положение **К** определяется координатами его положения на плоскости и положением плоскости в ряду.

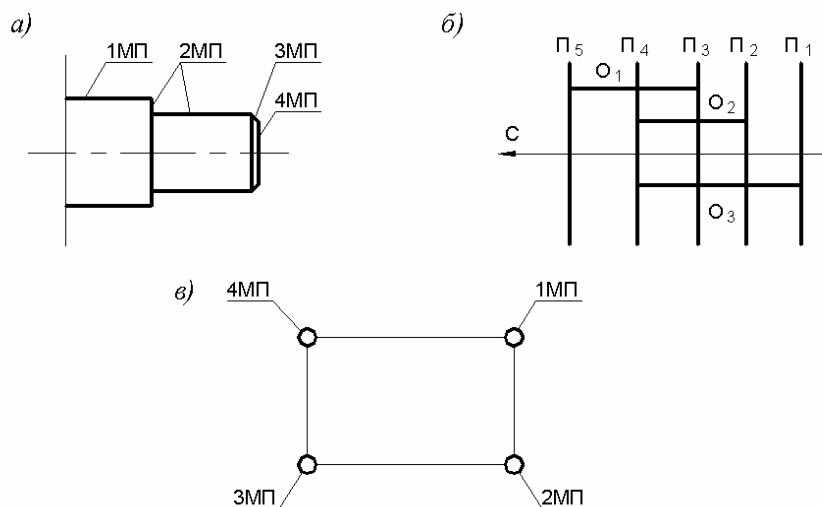


Рис.2 Примеры элементов конструкции детали

Таким образом, конструкция детали в общем случае может быть представлена совокупностью **С**, **П**, **Р**, **К**, **О** и отдельных МП, не вошедших в состав **К** и **О**.

Пользуясь этими технологическими характеристиками можно описать конструкцию детали следующим образом.

Рассмотрим построение ТСКД на примере вала в модульном представлении (рис. 3,а).

Он состоит из тринадцати МП: восьми базисуемых МП и пяти связующих МП; причем у модуля 1Б312 две цилиндрические поверхности (опорные шейки) расположены на разных сторонах вала.

Сначала на чертеже детали (рис. 3,б) наносятся оси прямоугольной системы координат (x, y, z) построенной на комплекте основных баз вала, в качестве которого выступает 1Б312, затем векторы сторон вала и плоскости расположенные на каждой его стороне.

Исключив из чертежа контур вала получим его ТСКД как совокупность плоскостей, векторов **С** и МП в построенной системе координат x, y, z . (рис. 3,в). На каждой плоскости наносятся номера (коды) расположенных на них МП, а так же указываются оси (**О**).

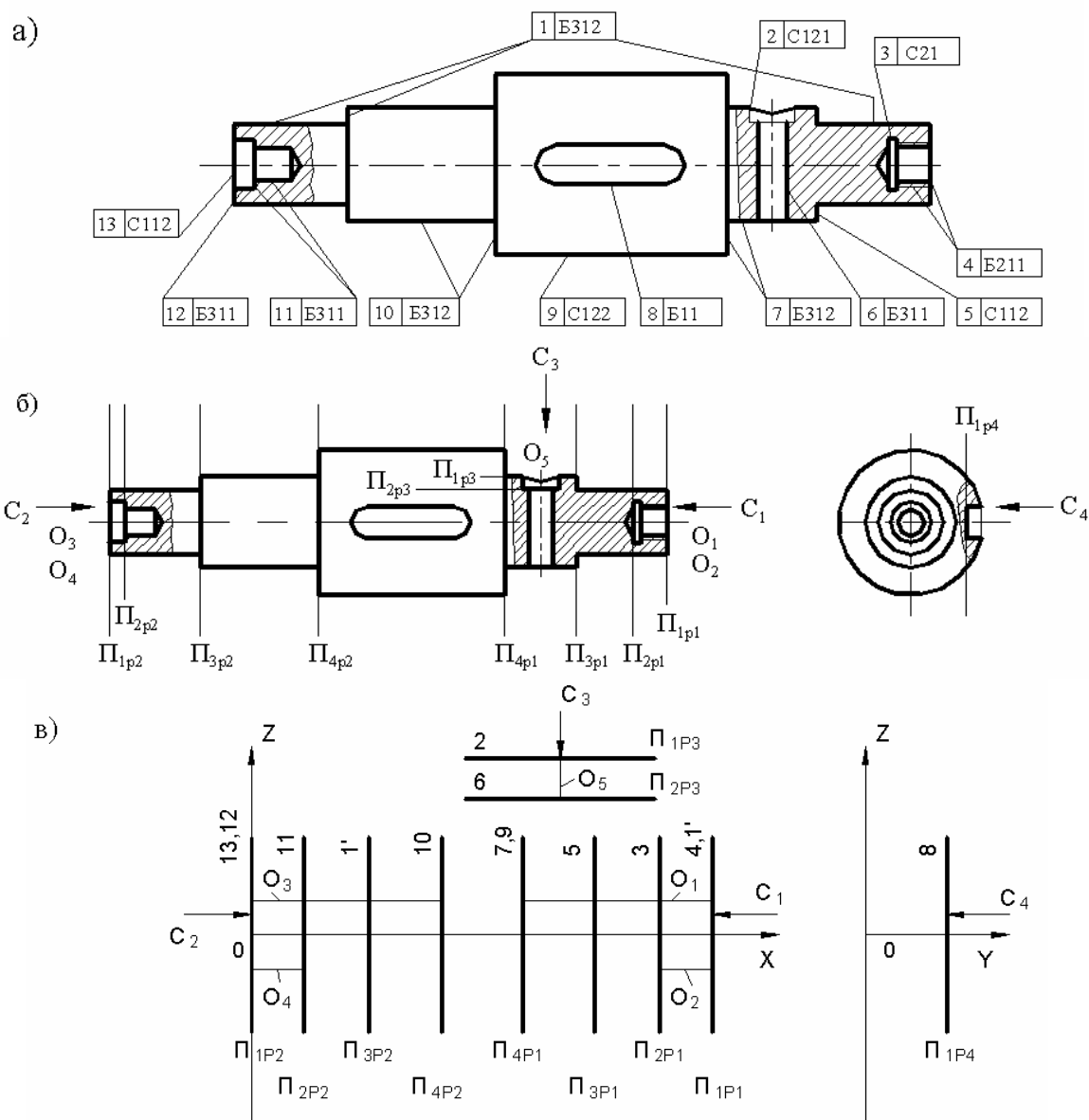


Рис.3 Последовательность построения ТСКД

Итак, вал содержит четыре стороны, три ряда, одиннадцать плоскостей пять осей и тринадцать МП.

Обозначив деталь буквой Д, её состав и структуру как объекта производства можно записать следующим образом:

$D = \sum(4C, 3P, 11П, 5O, 13МП)$, в свою очередь

$C_1 = \sum(4П, 2O, 5МП)$,

$C_2 = \sum(4П, 2O, 5МП)$,

$C_3 = \sum(2П, 1O, 2МП)$,

$C_4 = \sum(1П, 1МП)$;

$P_1 = \sum 4МП, P_2 = \sum 4МП, P_3 = \sum 2МП$,

$O_1 = \sum 3МП, O_2 = \sum 2МП, O_3 = \sum 3МП, O_4 = \sum 2МП, O_5 = \sum 2МП$.

В ТСКД можно включать также дополнительную информацию: габаритные размеры и размеры между плоскостями в каждом ряду и др. Первые необходимы для оп-

ределения станка с учетом размеров детали, а вторые – для нормирования вспомогательных переходов.

В дальнейшем ТСКД может уточняться, включением дополнительных характеристик. Например, если известна заготовка, то в ТСКД можно отразить заготовительные модули МП детали и т.д.

Для технолога важно знать не только состав МП, но их размерные связи и конструкторские базы, что помогает выбирать технологические базы и последовательность изготовления МП.

В связи с этим к чертежу детали должен прикладываться граф МП, таблица МП с указанием их координирующих размеров [2]. Желательно на чертеже детали указывать не только марку материала, но и характеристики его обрабатываемости.

Представление детали в виде ТСКД открывает путь к новому подходу в построении технологической классификации деталей, совершенствованию методики построения технологических процессов, определению трудоемкости изготовления деталей без разработки технологических процессов и др.

Список литературы: 1. Базров Б.М. Технологические характеристики конструкции детали. Материалы симпозиума. Международный научный симпозиум. Москва. МГТУ "МАМИ". 23-24 марта 2005 г. с.5-8 2. Базров Б.М. Совершенствование технической документации на изделие. // Вестник машиностроения. 2006. № 1, с.53-63

СХОДИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК С ПОМОЩЬЮ ПЛАСТИНАТЫХ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Бакулин В. Н., Инфлянскас В.В. (ИПРИМ РАН, г. Москва, Россия)

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 04-01-00741), Министерства образования и науки РФ, Федерального агентства по науке и инновациям и Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых и по государственной поддержке ведущих научных школ (проект № НШ-3609.2006.8)

Was made the comparison of convergence speed of numerical results received with a help of lamellar finite elements on example of solving of problem of curving of free circular cylindric shell loaded with two symmetrically diametrically-placed focused radial forces in the middle section of shell. Caving under the force become equal with precise solution of S.P. Timoshenko for cylindric shell with non-stretched middle surface.

При проектировании машиностроительных конструкций важным этапом является проведение прочностных расчетов [1]. Ввиду того, что аналитическое решение удастся получить лишь для конструкций простой формы с простыми граничными условиями, то в связи с развитием вычислительной техники естественно использование для проведения расчетов метода конечных элементов. В настоящее время разработаны и применяются различные программные пакеты, причем в каждом пакете пользователю для проведения расчетов конструкций предоставляется выбор конечных элементов различных типов.

Наиболее распространенными для расчета тонкостенных конструкций являются пластинчатые конечные элементы. Так в программном комплексе MSC NASTRAN for Windows [2] для расчета тонкостенных конструкций применяется пластинчатый (plate) конечный элемент, установленный основным по умолчанию. Следует отметить, что с помощью этого конечного элемента проводятся расчеты и изгибного и плоского напряженного состояния тонкостенных конструкций. Однако в ряде работ было отмечено, что с помощью пластинчатых конечных элементов нельзя адекватно моделировать изгибное напряженно-деформированное состояние оболочечных конструкций.

Поэтому целесообразно провести исследование сходимости численных результатов, получаемых с помощью пластинчатого (plate) конечного элемента MSC NASTRAN for Windows на примере решения задачи о изгибе свободной круговой цилиндрической оболочки, нагруженной двумя симметричными диаметрально расположенными сосредоточенными радиальными силами в среднем сечении оболочки. Прогиб под силой сравнивался с точным решением С.П. Тимошенко, полученным в предположении нерастяжимой срединной поверхности цилиндрической оболочки [3].

Параметры рассматриваемой оболочки следующие: $L = 262$ мм, $R = 125$ мм, $E = 7,4 \cdot 10^4$ кГ/мм², $\nu = 0,3125$, $P = 45,3$ кГ, $h = 2,381$ мм и $h = 0,393$ мм, т.е. $L/R=2.096$, $R/h=52.5$, $R/h=321$,

где L , R , h -соответственно длина, радиус срединной поверхности и толщина оболочки, E , μ - модуль упругости и коэффициент Пуассона.

Ввиду симметрии рассматривалась одна восьмая часть оболочки. Из пластинчатых элементов в NASTRAN в основном применяются треугольные и четырехугольные конечные элементы. Ввиду простой геометрии для аппроксимации цилиндрической оболочки использованы прямоугольные пластинчатые конечные элементы. Соответственно они содержат по 4 узла, каждый из которых имеет 6 степеней свободы: 3 перемещения вдоль осей координат и 3 угла поворота относительно них.

В качестве параметра N (рис.1) выбрано число степеней свободы конечно-элементной модели без учета граничных условий

$$N = n \cdot g,$$

где n – число узлов, g – число степеней свободы в узле.

Параметры разбиения рассматриваемой оболочки на пластинчатые элементы приведены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры разбиения рассматриваемой оболочки

Кратность элементов		Количество узлов	Исходное число степеней свободы N
Вдоль полуцилиндра	В квадранте		
1	2	6	36
1	3	8	48
1	4	10	60
1	6	14	84
1	9	20	120
2	9	30	180
2	15	48	288

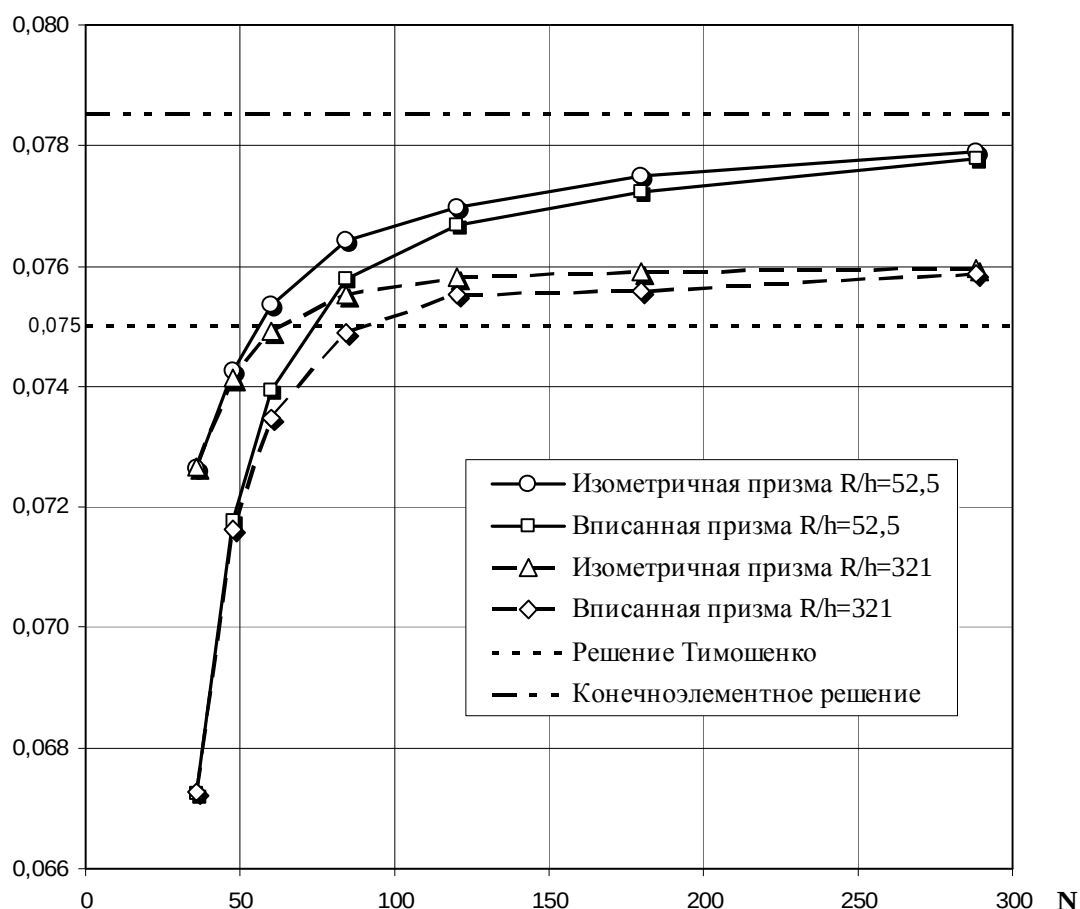


Рис.1. Сходимость численных результатов, полученных с помощью пластинчатого конечного элемента, к решению С.П. Тимошенко на примере изгиба свободной круговой цилиндрической оболочки, нагруженной двумя диаметрально расположенными радиальными силами .

Исходная аппроксимация цилиндра – вписанная призма. Видно, что погрешность расчета прогиба резко растет с укрупнением разбиения по окружности (усилением призматичности). Поскольку цилиндрическая оболочка – линейчатая развертываемая поверхность, то статически ее фрагмент эквивалентен пластинке, прогиб которой имеет степенную зависимость от размеров. Поэтому одна из составляющих погрешности – неточность размерной аппроксимации может – быть исключена геометрическим нормированием – выравниванием размеров разверток цилиндра и призмы (покоординатной изометрией). Погрешность расчета изометричной призмы при большом шаге разбиения заметно меньше.

Отметим также значительное уменьшение скорости сходимости численных результатов при $N > 100$ для $R/h = 321$.

Поэтому на рис. 2 показана сходимость численных результатов, полученных с помощью пластинчатого конечного элемента, к решению С.П. Тимошенко на описанном выше примере изгиба свободной круговой цилиндрической оболочки двумя симметричными диаметрально расположенными сосредоточенными радиальными силами для числа степеней свободы конечно-элементной модели (параметра N) от ~ нуля до

6000. Результаты расчета приведены для изометричной призмы разбиения при $R/h=52,5$, $R/h=321$.

Таблица 2. Параметры разбиения на пластинчатые элементы (большие N)

Кратность элементов		Количество узлов	Исходное число степеней свободы N	R/h	w_{DI}/PR^3
Вдоль полуцилиндра	В квадранте				
2	9	30	180	52,5	0,07751
2	15	48	288	52,5	0,07789
5	18	114	684	52,5	0,078
10	30	341	2046	52,5	0,07821
20	45	966	5796	52,5	0,07823
2	9	30	180	321	0,07551
1	30	62	372	321	0,0761
4	45	138	1380	321	0,07751
4	90	455	2730	321	0,07777
4	180	905	5430	321	0,07798

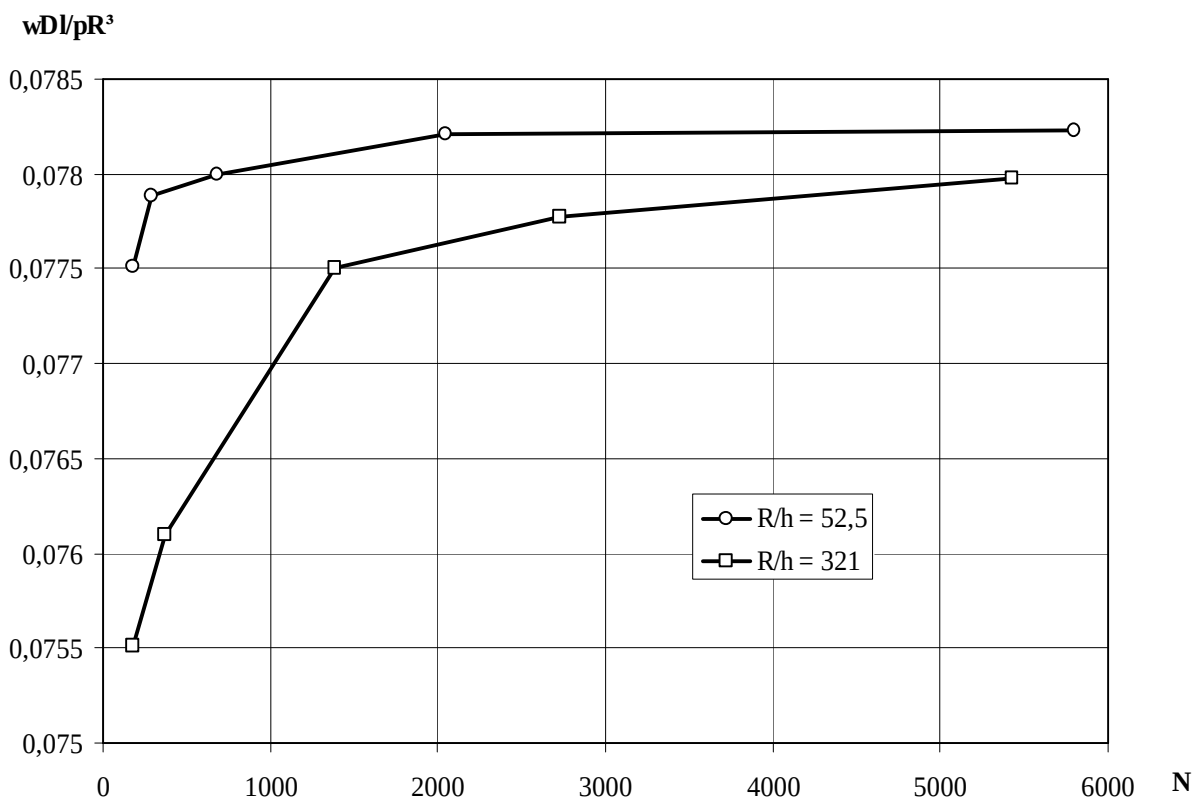


Рис. 2. Зависимость безразмерного прогиба оболочки, аппроксимированной пластинчатым элементом NASTRAN при больших N .

Все варианты асимптотически сходятся к конечно-элементному решению.

Список литературы: 1. Бакулин В.Н., Образцов И.Ф., Потопахин В.А. Динамические задачи нелинейной теории многослойных оболочек. Действие интенсивных термосиловых нагрузок, концентрированных потоков энергии - М. Наука. Физматлит, 1998. 464 с. 2. Шимкович Д.Г. Расчет конструкций в MSC/NASTRAN for Windows. ДМК, М. 2001. 3. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластины и оболочки. М. Физматгиз, 1963.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДДЕРЖКА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

Балунов А.И., Чупрасов Д.И. (ЯГТУ, г. Ярославль, Россия)

Functions and structure of Computer System of Laboratory Control and Management of oil products quality are reviewed. Features of system implementation and its integration into uniform information-managing system of the enterprise are resulted.

Решающее значение в системе управления качеством на современных предприятиях имеет точность и оперативность информации о показателях качества сырья, товарной продукции и компонентов, используемых для её производства. Эта информация, как правило, формируется по данным лабораторного контроля и при отсутствии компьютерной поддержки не может быть эффективно использована на оперативном уровне управления. Последнее объясняется интенсивностью и разнородностью поступления информационных данных, учитываемых при принятии решений об изменении технологических режимов и загрузке производственных мощностей предприятия.

Решить задачи обработки данных, связанные с анализом достоверности ввода, регистрацией, накоплением, фильтрацией, усреднением и обобщенным представлением по запросам, позволяют компьютерные системы лабораторного контроля (КСЛК), которые в настоящее время широко внедряются на производстве [1, 2].

В докладе рассматривается опыт разработки и внедрения КСЛК, предназначенной для автоматизации сбора, обработки, долговременного хранения и представления информации по качеству сырья, промежуточных и товарных продуктов, анализа выбросов и стоков технологических объектов предприятия.

Функции и структура. В системе реализуются следующие функции:

- формирование заданий на анализ продуктов по оперативным запросам и заданному графику плановых анализов, а также контроль выполнения анализов;
- регистрация данных по качеству, контроль достоверности, проверка на соответствие требованиям нормативно-технической документации;
- выполнение отчётов по паспортной продукции, усредненным значениям показателей, бракованной продукции и т.п.;
- печать сертификатов (паспортов) качества на товарную продукцию;
- представление данных в виде таблиц, графиков, экспорт во внешние программы;
- интеграция в существующую информационно-управляющую систему предприятия за счёт открытой архитектуры.

Система представляет собой распределённую сеть источников информации о показателях качества продуктов, узлов её преобразования и конечных потребителей. Схема функционирования КСЛК представлена на рис.1. Пробы продуктов, поступающие с объектов предприятия, анализируются в подразделениях центральной заводской

лаборатории (ЦЗЛ). Система позволяет регистрировать и обрабатывать данные анализов, выполняемых как по заданному графику плановых анализов, так и оперативным запросам персонала управления технологических объектов. В обоих случаях автоматически формируются предварительные записи в журналах анализов для дальнейшего ввода показателей качества, а также сообщения у персонала оперативного управления ЦЗЛ.

Результаты анализов вводятся в систему через соответствующие интерфейсы, которые могут находиться как непосредственно на рабочих местах лаборантов, так и в пунктах централизованного ввода. Для повышения достоверности ввода данных каждому показателю качества предварительно задаётся возможный тип значений (числовой, символьный и т.п.) и допустимый диапазон значений. При вводе данных символьные значения выбираются из списка значений, а числовые – проверяются на допустимый диапазон.

Лаборанты могут вводить данные только по тем анализам, которые им доступны в соответствии с установленными правами. Лица, имеющие расширенные права доступа, могут вводить и корректировать результаты всех анализов, выполненных за смену. Оперативным персоналом ЦЗЛ осуществляется общий контроль за процессом обработки заданий, своевременностью и правильностью ввода данных.

Рис.1. Схема функционирования компьютерной системы лабораторного контроля.

Представление информации в системе реализовано в виде электронных журналов анализов. Возможны журналы двух типов.

В первом типе (рис.2) вся информация об анализируемом продукте разбита на два блока и отображается в одной строке журнала. В первом блоке содержатся сведения о продукте (дата и время отбора, наименование, количество, паспортный или не паспортный и т.п.), во втором – показатели качества. В каждом из журналов могут быть представлены результаты анализов нескольких видов однотипных продуктов, имеющих значительное количество общих показателей качества. Для удобства анализа информации возможна сортировка и выбор данных по различным критериям.

Второй тип журнала (рис.3) имеет более сложную структуру. В нём информация представлена в трёх окнах: в одном – отображаются названия технологических объектов, в другом – анализируемые продукты этих объектов и в третьем – таблицы с показателями качества продукта.

Журнал анализов

Журнал: бензины (рабочий журнал)

Период с: 01.11.2002 по: 30.11.2002 Продукт: - Все продукты -

☒ выделять несоответствующие значения
☒ выделять неподписанные значения

Дата и время отбора	Нефтепродукт	Пасп.	№ партии	Рр	Завар	Отклонение от нормы		Конц. серы, г/л	Конц. факт. серы, мг на 100 г бензина	Индик. периода, мин.	Масс. доля общей серы, %	Оч. бен.
						норматив	исполн.					
25.11.02 06:10	БЕНЗИН НОРМАЛЬ-80	1289	43	270	2438	76.2	80.8	отс.	2.8	1205	0.04	
25.11.02 14:35	БЕНЗИН РЕГУЛЯР-92			261	2685	83.2	92.0	отс.	2.8	1265	0.00	
25.11.02 14:35	БЕНЗИН ЭКОТ ТЕХНОЛО-92			219	2073							
25.11.02 17:10	БЕНЗИН РЕГУЛЯР-92			261	2685							
25.11.02 17:10	БЕНЗИН НОРМАЛЬ-80	1290	44	268	2493	76.2	80.8	отс.	2.8	1205	0.04	
25.11.02 21:15	БЕНЗИН НОРМАЛЬ-80	1291	45	912	730	76.2	80.7	отс.	2.8	1205	0.04	
26.11.02 01:30	БЕНЗИН РЕГУЛЯР-92	1292	48	258	2722	83.4	92.0	отс.	2.8	1265	0.04	
26.11.02 01:30	БЕНЗИН НОРМАЛЬ-80	1293	46	257	2599	76.6	80.7	отс.	3.0	1205	0.04	
26.11.02 05:30	БЕНЗИН РЕГУЛЯР-92	1294	50	261	2653	83.1	92.0	отс.	3.0	1265	0.04	
26.11.02 09:50	БЕНЗИН ЭКОТ ТЕХНОЛО-92	165	12	219	3138				2.0		0.03	
26.11.02 13:50	БЕНЗИН РЕГУЛЯР-92			262	3120	83.2	92.0	отс.	2.8			
26.11.02 18:15	БЕНЗИН НОРМАЛЬ-80	1295	47	270	2330	76.2	81.0	отс.	3.0	1205	0.04	
26.11.02 18:15	БЕНЗИН ПРЕМИУМ-95	268			2100	85.7	95.5					
26.11.02 18:15	БЕНЗИН РЕГУЛЯР-92	1296	51	262	3120	83.2	92.0	отс.	2.8	1265	0.04	
26.11.02 21:30	БЕНЗИН НОРМАЛЬ-80	1299	48	912	1040	76.3	80.2	отс.	3.0	1205	0.04	
26.11.02 21:30	БЕНЗИН РЕГУЛЯР-92	1298	52	911	999	83.0	92.0	отс.	2.8	1265	0.04	
26.11.02 21:30	БЕНЗИН ПРЕМИУМ-95	1297	10	268	2517	96.0	95.3	отс.	3.0	1145	0.05	
27.11.02 02:10	БЕНЗИН НОРМАЛЬ-80	1300	49	268	2474	76.0	80.4	отс.	2.6	1205	0.04	

Редактировать Добавить Загрузить Сохранить Печать Обновить Excel Паспорт График Выход

Рис.2. Журнал анализов первого типа.

Журнал анализов паспортной продукции

Период: 01.11.02 по: 17.11.02

☒ Выделять несоответствующие значения

Дата отбора	Показатели качества										Индик. периода, мин.	Масс. доля общей серы, %	Оч. бен.
	Вязк. кин.	Вязк. кин.	Вязк. кин.	Вязк. кин.	Вязк. кин.	Вязк. кин.	Вязк. кин.	Вязк. кин.	Вязк. кин.	Вязк. кин.			
17.11.02 08:00	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
17.11.02 16:00	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
17.11.02 08:00	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
17.11.02 16:00	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
17.11.02 08:00	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
17.11.02 16:00	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
17.11.02 08:00	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
17.11.02 16:00	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380

Анализировать Добавить Загрузить Сохранить Печать Обновить Excel Паспорт График Выход

Рис.3. Журнал анализов второго типа.

На каждую марку (тип) продукта задаются ограничения по показателям качества, наложенные ГОСТ или техническими условиями (ТУ). На выполнение этих ограничений проверяются все фактические значения показателей качества и все несоответствия выделяются. В дальнейшем эта информация используется для формирования отчетов по бракованной продукции.

Результаты анализов паспортной продукции, которая полностью соответствует требованиям ГОСТ и ТУ, можно просматривать в журналах паспортной продукции

(журнал первого типа), а также на эту продукцию можно подготовить паспорт качества для последующей передачи потребителю. Форма паспортов качества настраивается в соответствии с требованиями нормативных документов и индивидуальными требованиями предприятия.

В системе предусмотрена возможность статистической обработки результатов анализов и создание различных отчётов как по качеству продукции, так и работе каждого лаборанта. В частности, формируются отчёты по усреднённым показателям качества за любой период времени, по резким отклонениям, по бракованной продукции, невыполненным анализам, анализам, выполненным вне графика, и другие. Кроме того, имеется возможность выполнения отчётов, отражающих индивидуальную работу лаборантов: формировать график работы лаборантов и количество выполненных анализов каждого типа за период, сопоставлять значения показателей качества, полученные лаборантом, со средними значениями по лаборатории и другие.

Для настройки системы и назначения прав доступа к её ресурсам разработан специальный конфигуратор. Он реализует иерархическую структуру делегирования прав, позволяя основному администратору передавать часть своих полномочий администраторам подразделений, которые могут выполнять настройку и назначать права доступа пользователям. При настройке системы создаются журналы анализов, в них вносятся анализируемые продукты и их показатели качества, вводится нормативная информация. Предусмотрена возможность назначения прав доступа пользователю как к журналу в целом, так и к отдельным продуктам и показателям качества в журнале, что позволяет каждому пользователю иметь доступ только к определенной части информации и выполнять только закрепленные за ним функции. С помощью конфигулятора руководителей лабораторий могут назначать каждому лаборанту права на ввод результатов только тех анализов, которые он выполняет. Это, в свою очередь, позволяет организовать распределенный ввод данных в один журнал с нескольких рабочих мест, а также установить индивидуальную ответственность за введенную информацию.

Система построена по технологии клиент-сервер. Вся информация хранится в центральной базе данных, которая представляет собой совокупность таблиц (рабочих, служебных и справочных), служащих для долговременного хранения и обработки информации. База данных функционирует под управлением СУБД Oracle 9i.

Результаты внедрения. Разработанная КСЛК внедрена в ОАО «Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез». Она охватывает все распределённые по предприятию подразделения ЦЗЛ: контрольную лабораторию, лабораторию товарного производства, контрольно-товарную лабораторию масляного производства, лабораторию входного контроля и газовых анализов. Кроме этого, КСЛК установлена в ряде подразделений и у руководителей предприятия для оперативного контроля качества продукции.

Для представления результатов анализов продуктов, находящихся в резервуарах, а также анализов арбитражных проб отгружаемых продуктов используются журналы первого типа (рис.2). При этом предусмотрены журналы как по товарной продукции (рабочие, паспортные и отгрузки), так и по промежуточной (ходовых анализов). Для регистрации анализов проб, взятых из потоков технологических установок, используются журналы второго типа (рис.3).

Компьютерная система лабораторного контроля интегрирована в единую информационно-управляющую систему предприятия и является частью системы оперативно-диспетчерского управления. При этом используется единая информационная база данных, включая справочники технологических объектов, нефтепродуктов и другие. Интеграция позволила повысить уровень системного взаимодействия подразделений

предприятия, достоверность и оперативность обмена данными, существенно сократить время на принятие управленческих решений о корректировке производственного процесса.

Список литературы: 1. Сайт www.lims.ru. 2. Сайт www.lims.kiev.ua.

МЕТОД КОДИРОВАНИЯ НАБОРОВ ФРАГМЕНТА ПЕРЕМЕННЫХ В ЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЕ АВТОМАТА МУРА

Баркалов А.А., Бабаков Р.М., Ковалев С.А., Ахмад Фуад Хамада Бадер
(Университет Зеленогурский, ДонГИИИ, ДонНТУ, ДонНТУ, Зеленая Гора, Донецк, Донецк, Донецк, Польша, Украина, Украина, Украина)

The method of optimization of hardware expenses in logic circuit of Moore automaton, using heterogeneous element basis is proposed. The method is based on forming of a fragment of variables that allows to reduce capacity of ROM of the circuit of forming of microoperations. The new structure of Moore automaton with coding of sets of a fragment of variables is offered, and analytical characteristics of determination of its efficiency are obtained.

Введение

Устройство управления (УУ) является важной составной частью цифровой системы. Одним из способов реализации УУ является управляющий автомат Мура [1]. В настоящее время в качестве элементного базиса для реализации логических схем автомата Мура широко применяются программируемые логические устройства (ПЛУ) [2-7]. Этот базис обладает относительно высокой стоимостью, что делает актуальной задачу уменьшения стоимости логической схемы управляющего автомата [2, 3, 7]. Одним из методов решения этой задачи является применение принципа кодирования наборов переменных [5] в автомате Мура. Схема формирования микроопераций (МО), реализуемая в относительно дешевом базисе ПЗУ, снижает стоимость схемы устройства, однако обладает максимально возможной информационной емкостью за счет хранения всех формируемых переменных. В статье предлагается метод оптимизации логической схемы автомата Мура с кодированием наборов переменных, позволяющий уменьшить информационную емкость схемы формирования микроопераций за счет специального выделения фрагмента переменных и независимого кодирования его наборов, что позволяет снизить стоимость схемы автомата в целом.

Логическая схема автомата Мура задаётся системой булевых функций (1), то есть выходные сигналы Y зависят только от состояний автомата [5]:

$$\begin{cases} y_n = y_n(T_1, \dots, T_R); \\ j_n = j_n(T_1, \dots, T_R). \end{cases} \quad (1)$$

Фактически коды состояний автомата являются кодами наборов микроопераций, записанных в операторных вершинах граф-схемы алгоритма (ГСА). Это порождает структуру логической схемы автомата Мура (рис. 1), содержащую Р-подсхему для реализации множества функций Φ и Y-подсхему для реализации множества микроопера-

ций. Основой для синтеза схемы автомата является ПСТ, формируемая по исходной ГСА.

Как видно из рис. 1, в автомат Мура представляется двухуровневой структурой, в которой система функций Φ реализуется на ПЛУ, а система микроопераций – на ПЗУ [1, 5]. Таким образом, данная структура имеет гетерогенную организацию.

Для оптимизации аппаратных затрат в Y -подсхеме автомата Мура предлагается следующий подход.

Представим Y -подсхему состоящей из двух частей:

1 Y_F -подсхема, хранящая наборы фрагмента МО и управляемая частью кода состояния T' ;

2 Y_Y -подсхема, хранящая МО, не вошедшие во фрагмент, и управляемая полным кодом состояния автомата T .

Подобное разбиение приводит к следующей структуре автомата Мура (рис. 2).

Назовем автомат Мура, имеющий данную структуру, PY_F -автоматом Мура. Здесь Y_F -подсхема содержит наборы МО, для кодирования которых требуется меньшее число разрядов по сравнению с Y -подсхемой базовой структуры автомата Мура, и формирует множество микроопераций Y^1 . Y_Y -подсхема имеет то же число адресных входов, что и Y -подсхема, и формирует множество МО $Y^2 = Y \setminus Y^1$.

Подобное разбиение приводит к тому, что суммарная емкость Y_F - и Y_Y -подсхем оказывается меньше, чем емкость Y -подсхемы в базовой структуре, при сохранении числа выходов ПЛУ R -подсхемы. Следовательно, структура на рис. 2 будет иметь в общем случае меньшие аппаратные затраты по сравнению с базовой структурой автомата Мура.

С целью анализа предложенной структуры введем следующие обозначения:

- L – число логических условий, анализируемых автоматом;
- N_{Y1} – число МО, формируемых Y_F -подсхемой;
- N_{Y2} – число МО, формируемых Y_Y -подсхемой;
- N – общее число микроопераций, формируемых автоматом; $N=N_{Y1}+N_{Y2}$.
- R – разрядность адреса микрокоманды;
- R_F – разрядность фрагмента адреса, поступающего на вход Y_F -подсхемы;
- W – число наборов переменных в Y -подсхеме базовой структуры автомата Мура;
- W_F – число наборов переменных в Y_F -подсхеме; не является очевидным из таблицы микроопераций автомата Мура и определяется с помощью метода кодирования наборов фрагмента переменных;
- Q_P – число термов R -подсхемы базовой структуры автомата Мура;
- Q_{PF} – число термов R -подсхемы PY_F -автомата Мура.

Условием выигрыша в аппаратных затратах является меньшая суммарная информационная емкость ПЛУ в PY_F -автомате Мура по сравнению с базовой структурой. Считая, что используемые в схеме ПЛУ имеют матричное представление, будем использовать в качестве характеристики аппаратных затрат используемую площадь кристалла [2, 3, 5]. В результате имеем следующие аналитические формулы, характеризующие базовую и оптимизированную структуры автоматов Мура.

Емкость ПЛУ R -подсхемы в базовой структуре определяется как:

$$V_{PY}^P = 2 \cdot (L + R) \cdot Q_P + Q_P \cdot R \quad (2)$$

Емкость ПЛУ Р-подсхемы РY_F-автомата Мура:

$$V_{PY_F}^P = 2 \cdot (L + R) \cdot Q_{PF} + Q_{PF} \cdot R \quad (3)$$

Емкость ПЗУ Y-подсхемы базовой структуры:

$$V_Y = N \cdot 2^R \quad (4)$$

Емкость ПЗУ Y_Y-подсхемы:

$$V_{Y_Y} = N_2 \cdot 2^R \quad (5)$$

Емкость ПЗУ Y_F-подсхемы:

$$Y_{Y_F} = N_1 \cdot 2^{R_F} \quad (6)$$

С учетом (2)-(6) эффективность РY_F-автомата Мура по сравнению с базовой структурой, с учетом стоимостного коэффициента К, определяется как отношение суммарной емкости ПЛУ в схеме базового автомата Мура к аналогичной величине в схеме эквивалентного РY_F-автомата Мура (формула 7):

$$E_{PY_F} = \frac{K \cdot (2 \cdot (L + R) \cdot Q_P + Q_P \cdot R) + N \cdot 2^R}{K \cdot (2 \cdot (L + R) \cdot Q_{PF} + Q_{PF} \cdot R) + N_2 \cdot 2^R + N_1 \cdot 2^{R_F}} \quad (7)$$

Выигрыш в схемах ПЗУ определяется как отношение информационной емкости Y-подсхемы базовой структуры к суммарной емкости Y_F- и Y_Y-подсхем (формула 8):

$$E_{ROM}(PY_F) = \frac{N \cdot 2^R}{N_1 \cdot 2^{R_F} + N_2 \cdot 2^R} \quad (8)$$

При выделении фрагмента во множество Y¹ могут попасть в общем случае любые МО, число которых N_{Y1} может меняться в диапазоне:

$$1 \leq N_{Y1} < N \quad (9)$$

При N_{Y1}=0 и при N_{Y1}=N логическая схема получаемого РY_F-автомата совпадает со схемой базовой структуры.

Поскольку каждая из N=5 микроопераций может либо входить в Y¹, либо не входить, число К всех возможных вариантов содержимого Y_F-подсхемы с учетом (9) и двух недопустимых вариантов, рассмотренных выше, определяется по формуле (10).

$$K = 2^N - 2 \quad (10)$$

Анализ возможных вариантов формирования содержимого Y_F-подсхемы позволил авторам определить возможность формирования фрагмента микроопераций с использованием следующей формулы:

$$\lceil \log_2(W_F^{\max}) \rceil \leq R - R_F, \quad (11)$$

где $W_F^{\max}$ – максимальное количество состояний с одинаковыми наборами во фрагменте микроопераций.

При этом важным оказывается следующее:

1. При выполнении условия (11) формирование фрагмента возможно, причем величина выигрыша по ПЗУ, определяемая по (8), зависит от количества и номеров МО, входящих во фрагмент.

2. Если условие (11) не выполняется, то в структуре автомата Мура формирование фрагмента с данным набором микроопераций невозможно.

Чтобы определить, какие МО должны быть включены во фрагмент для достижения максимально возможной эффективности РУ_F-автомата Мура, можно воспользоваться полным перебором сочетаний микроопераций в У_F-подсхеме, причем число шагов можно определить по формуле (10).

Разработанный авторами метод синтеза логической схемы РУ_F-автомата Мура включает следующие этапы:

1. Отметка заданной ГСА состояниями автомата Мура.
2. Формирование таблицы микроопераций.
3. Определение содержимого фрагмента МО, обеспечивающего максимальную эффективность согласно (8).
4. Кодирование наборов микроопераций во фрагменте.
5. Формирование содержимого ПЗУ У_F-подсхемы с учетом кодов наборов микроопераций (п. 4).
6. Кодирование состояний с учетом кодов наборов микроопераций.
7. Формирование содержимого ПЗУ У_Y-подсхемы с учетом кодов состояний.
8. Формирование ПСТ автомата.
9. Формирование и минимизация системы функций переходов. Выполняется аналогично базовой структуре автомата Мура.
10. Синтез логической схемы автомата в заданном элементном базисе.

Проведенные авторами экспериментальные исследования показали, что отношение емкостей схем ПЗУ в структуре РУ_F-автомата по сравнению с базовой структурой составляет от 10% до 200% в зависимости от реализуемой граф-схемы алгоритма. Общий выигрыш в аппаратных затратах от применения предложенного метода зависит от соотношения емкостей и стоимости схем ПЛУ и ПЗУ.

Заключение

В статье рассматривается схема автомата Мура с кодированием наборов фрагмента переменных и предлагается метод его синтеза. Достоинством предложенного в работе метода является то, что большинство структурных элементов автомата не затрагиваются. Таким образом, оказывается возможным использование данного метода совместно с другими известными методами оптимизации логических схем управляющего автомата Мура.

Список литературы: 1. Баркалов А. А, Палагин А.В. Синтез микропрограммных устройств управления. – Киев: ИК НАН Украины, 1997.- 136 с. 2. Соловьев В.В. Проектирование цифровых систем с использованием программируемых логических интегральных схем. – Москва: Горячая линия - Телеком, 2001. – 636 с. 3. Грушницкий Р.И., Мурзаев А.Х., Угрюмов Е.П. Проектирование систем с использованием микро-схем программируемой логики. – Петербург: БХВ – 2002. – 636 с. 4. Баркалов А.А. Синтез операционных устройств. – Донецк: ДНТУ, 2003. – 306 с. 5. Баркалов А.А.

Синтез устройств управления на программируемых логических устройствах. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 262 с. 6. Шалыто А.А. Методы аппаратно и программной реализации алгоритмов. – СПб.: Наука, 2000. – 780 с. 7. Baranov S. Logic Synthesis for Control Automata. – Kluwer Academic Publishers, 1994. – 312 pp.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛА LUT- ЭЛЕМЕНТОВ В УСТРОЙСТВЕ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ

Баркалов А.А., Вишневский Р., Ковалев С.А., Ефименко К.Н.,

(Университет Зеленогурский, Университет Зеленогурский, ДонНТУ, ДонНТУ, Зеленая Гура, Зеленая Гура, г. Донецк, г. Донецк, Польша, Польша Украина Украина)

The method of decreasing of amount of feedback signal in compositional microprogram control unit is proposed. Method is based on usage of part of microinstruction address for representation of the code of operational linear chain. The proposed method does not require new structural elements and has no influence on performance of digital system with compositional microprogram control unit. An example of proposed method application is given

1. Введение

В настоящее время цифровая система может быть реализована на одной микросхеме типа «система-на-кристалле» (SoC, system – on – chip) [1], число транзисторов в которых в 2012 году достигнет 1,3 млрд. [2]. Как правило, произвольная логика в SoC реализуется на FPGA, состоящих из элементов табличного типа LUT (look – up table) с числом входов, не превышающим 8 [3]. Кроме того, SoC включают встроенные блоки памяти DMB (delicated memory block), которые используются как постоянная или оперативная память цифровой системы [1]. Большое число транзисторов SoC не исключает необходимость оптимизации ресурсов в блоках цифровой системы, так как это позволяет увеличить ее функциональные возможности в рамках одного кристалла. Важным блоком цифровой системы является устройство управления [4], которое может быть реализовано в виде композиционного микропрограммного устройства управления (КМУУ) [5]. Особенностью КМУУ является возможность использования DMB для реализации системы микроопераций. Это уменьшает число LUT-элементов, которые используются здесь только для адресации микрокоманд. Ограниченное число входов LUT-элементов приводит к необходимости функциональной декомпозиции реализуемой системы булевых функций [6], что приводит к уменьшению быстродействия КМУУ. В настоящей работе предлагается метод уменьшения числа аргументов в системе функций адресации микрокоманд КМУУ.

2. Основные определения

Пусть алгоритм управления цифровой системы задан в виде граф-схемы алгоритма (ГСА) Γ [7], вершины которой образуют множество $V = \{b_0, b_E\} \cup V_1 \cup V_2$. Здесь b_0 - начальная вершина ГСА, b_E - конечная вершина, V_1 - множество операторных вершин, в которых записываются наборы одновременно выполняемых микроопераций из множества $Y = \{y_1, \dots, y_N\}$, V_2 - множество условных вершин, в которых записываются элементы множества логических условий $X = \{x_1, \dots, x_L\}$. Вершины $b_q \in V$ связаны дугами, образующими множество E . Введем ряд определений [5], необходимых для дальнейшего изложения материала.

Определение 1. Операторной линейной цепью (ОЛЦ) ГСА Γ называется конеч-

ная последовательность вершин $\alpha_g = (b_{g1}, \dots, b_{gF_g})$, такая что для любой пары соседних компонент вектора α_g существует дуга $\langle b_{gi}, b_{gi+1} \rangle \in E$ и $b_{gi} \in B_1$ ($i = 1, \dots, F_g$).

Определение 2. Входом ОЛЦ α_g называется вершина $b_q \in B_1$, такая что существует дуга $\langle b_g, b_t \rangle \in E$, где $b_t = b_0$ или $b_t \in B_2$ или $b_t \notin D^g$, где $D^g \subseteq B_1$ - множество вершин, входящих в α_g .

Определение 3. Выходом ОЛЦ α_g называется вершина $b_q \in B_1$, такая что существует дуга $\langle b_g, b_t \rangle \in E$, где $b_t = b_E$ или $b_t \in B_2$ или $b_t \notin D^g$.

Пусть для ГСА Γ найдено разбиение $C = \{\alpha_1, \dots, \alpha_G\}$ множества B_1 на операторные линейные цепи, удовлетворяющее условию:

$$\begin{aligned} |D^i \cap D^j| &= 0 \quad (i \neq j, i, j \in \{1, \dots, K, G\}); \\ B_1 &= D^1 \cup D^2 \cup \dots \cup D^K \cup D^G; \\ G &\rightarrow \min. \end{aligned} \quad (1)$$

Пусть для каждой ОЛЦ $\alpha_g \in C$ выполнена естественная адресация микрокоманд:

$$A(b_{gi+1}) = A(b_{gi}) + 1, \quad (2)$$

где $A(b_{gi})$, $A(b_{gi+1})$ - адреса микрокоманд, соответствующих вершинам b_{gi} и b_{gi+1} .

В этом случае ГСА Γ может быть интерпретирована КМУУ U_1 (рис. 1), называемым в дальнейшем КМУУ с общей памятью [5].

По сигналу Start в счетчик СТ заносится адрес первой микрокоманды интерпретируемого алгоритма. Если вершина $b_q \in B_1$ не является выходом O_g ОЛЦ $\alpha_g \in C$, то одновременно с микрооперациями $Y(b_q) \subseteq Y$, записанными в вершине b_q , формируется сигнал y_0 . В этом случае к содержимому СТ прибавляется единица, что соответствует режиму (2), и в СТ заносится адрес $A(b_t)$ следующей микрокоманды, где $\langle b_q, b_t \rangle \in E$. Если $b_q = O_g$, то сигнал y_0 не формируется и адрес перехода формируется выходными функциями схемы СС:

$$\Phi = \Phi(T, X), \quad (3)$$

где $T = \{T_1, \dots, T_R\}$ - множество адресных разрядов памяти СМ и

$$R = \lceil \log_2 M \rceil, \quad (4)$$

где $M = |B_1|$. При этом происходит переход между выходом O_g и входом ОЛЦ $\alpha_i \in C$. В обоих случаях переключение счетчика СТ инициируется сигналом синхронизации Clock. Если СТ содержит адрес $A(b_t)$ и $\langle b_q, b_E \rangle \in E$, то одновременно с микрооперациями $y_n \in Y(b_t)$ формируется сигнал y_E . Если $y_E = 1$, то Fetch=0 и выборка микрокоманд из СМ прекращается. Цикл функционирования КМУУ U_1 повторяется при подаче очередного сигнала Start = 1.

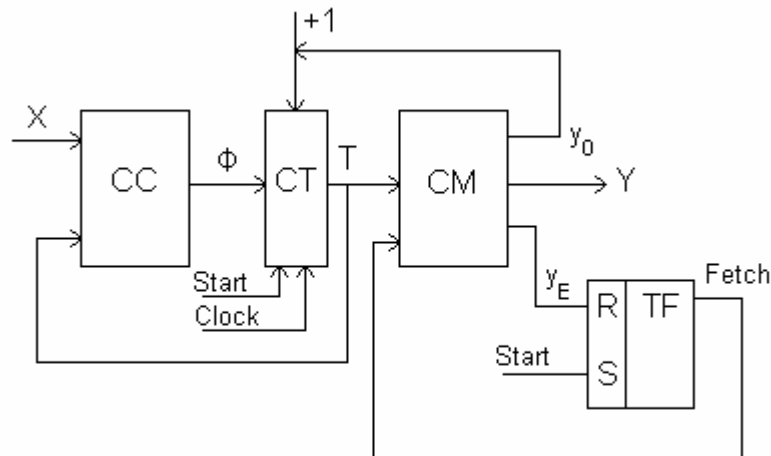


Рис. 1. Структурная схема КМУУ с общей памятью

Основным достоинством КМУУ U_1 является возможность использования DBM для реализации системы функций:

$$Y = Y(T). \quad (5)$$

Это уменьшает общее число LUT- элементов в схеме устройства управления по сравнению с ее реализацией в виде микропрограммного автомата [2]. Недостатком КМУУ U_1 является необходимость использования R сигналов обратной связи для формирования функций Φ , что обычно превышает число переменных, необходимых для кодирования состояний эквивалентного автомата Мили. В настоящей работе предлагается метод уменьшения числа сигналов обратной связи КМУУ U_1 .

3. Основная идея метода

Пусть алгоритм управления цифровой системы задан в виде ГСА Γ_1 (рис. 2).

Используем методы [5] и получим $C = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3\}$, где $\alpha_1 = \langle b_1, b_2 \rangle$, $I_1^1 = b_1$, $I_1^2 = O_1 = b_2$; $\alpha_2 = \langle b_5, b_7, b_9 \rangle$, $I_2^1 = b_5$, $O_2 = b_9$; $\alpha_3 = \langle b_6, b_8 \rangle$, $I_3^1 = b_6$, $O_3 = b_8$. Здесь I_g^j означает j -й вход ОЛЦ $\alpha_g \in C$ ($j \leq F_g$). Выполним адресацию (2) и построим таблицу содержимого управляющей памяти КМУУ $U_1(\Gamma_1)$, то есть КМУУ U_1 для ГСА Γ_1 , со столбцами $A(b_q)$, $Y(b_q)$ и b_q (табл. 1).

Отметим, что сигнал y_0 введен во все микрокоманды $Y(b_q)$, где $b_q \neq O_g$ ($g = \overline{1, G}$), а сигнал y_E введен в микрокоманды $Y(b_q)$, такие что $\langle b_i, b_E \rangle \in E$.

Таблица 1. Содержимое управляющей памяти КМУУ $U_1(\Gamma_1)$

$A(b_q)$	$Y(b_q)$	b_q	$A(b_q)$	$Y(b_q)$	b_q
000	$y_0 y_1 y_2$	b_1	100	y_4	b_9
001	$y_3 y_4$	b_2	101	$y_0 y_3 y_4$	b_6
010	$y_0 y_2 y_3$	b_5	110	$y_1 y_4 y_E$	b_8
011	$y_0 y_1 y_2$	b_7	111	-	-

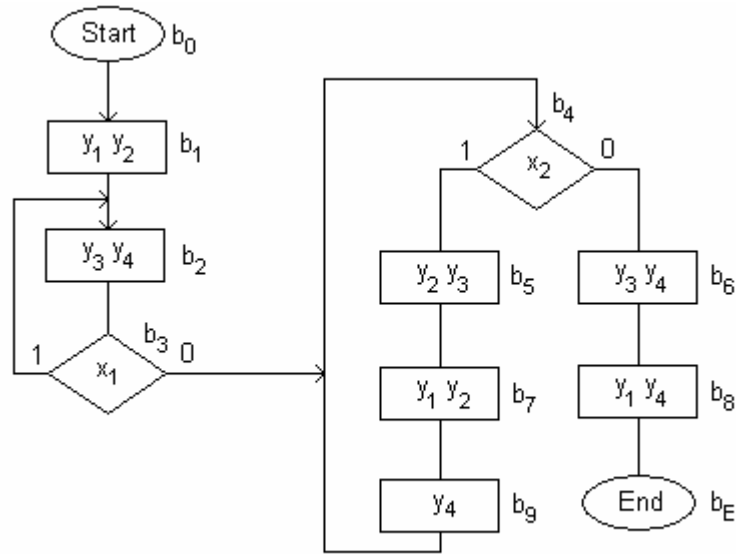


Рисунок. 2. Граф-схема алгоритма Γ_1

Функции Φ должны формироваться только для выходов ОЛЦ $\alpha_g \in C'$, где $C' \subseteq C$ - множество ОЛЦ, выходы которых не связаны с входом вершины b_E . В рассматриваемом примере $C' = \{\alpha_1, \alpha_2\}$, $A(O_1) = 001$, $A(O_2) = 100$, следовательно, $T_1 = 0$ соответствует выходу ОЛЦ α_1 и $T_1 = 1$ соответствует выходу ОЛЦ α_2 . Функции Φ имеют вид:

$$\Phi = \Phi(T', X), \quad (6)$$

где $T' \subseteq T$ - множество адресных разрядов, достаточное для однозначной идентификации выходов ОЛЦ $\alpha_g \in C'$. Минимальная мощность множества T' определяется как :

$$R_{\min} = \lceil \log_2 M_1 \rceil, \quad (7)$$

где $M_1 = |C'|$. В рассматриваемом примере $R_{\min} = 1$ и анализ адресов 001 и 100 показывает, что существуют два варианта однозначной идентификации выходов ОЛЦ α_1 и α_2 : и $T' = \{T_1\}$.

В общем случае для идентификации выходов ОЛЦ $\alpha_g \in C'$ может понадобиться R_1 разрядов, где

$$R_1 \geq R_{\min}. \quad (8)$$

Например, для случая $C' = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3\}$, $\alpha_1 = \langle b_1, b_2, b_3, b_4 \rangle$, $\alpha_2 = \langle b_5, b_6, b_9 \rangle$, $\alpha_3 = \langle b_8 \rangle$, $A(b_1) = 0000$, $A(b_4) = 0011$, $A(b_7) = 0110$, $A(b_8) = 0111$, $R_{\min} = 2$, но $T' = \{T_2, T_3, T_4\}$ и $R_1 = 3$.

Назовем КМУУ, основанное на предлагаемой идее, КМУУ с идентификацией выходов и обозначим его символом U_2 . Структуры КМУУ U_1 и U_2 совпадают, но схема СС КМУУ U_2 имеет $R_1 \leq R$ сигналов обратной связи.

4. Метод синтеза КМУУ с идентификацией выходов

В настоящей работе предлагается метод синтеза КМУУ U_2 , включающий следующие этапы:

- формирование удовлетворяющего (1) множества ОЛЦ C ;
- адресация микрокоманд, удовлетворяющая (2);
- формирование содержимого управляющей памяти;
- формирование множества T' , идентифицирующего выходы ОЛЦ;
- формирование системы функций (6);
- синтез схемы в заданном элементном базисе.

Первые три этапа метода совпадают с аналогичными этапами синтеза КМУУ U_1 [5]. Как уже было показано для КМУУ $U_2(\Gamma_1)$, множество $C' = \{\alpha_1, \alpha_2\}$ и $T' = \{\Gamma_1\}$.

Для формирования системы (6) необходимо построить таблицу переходов КМУУ U_2 со столбцами: O_g ; $K(O_g)$ - код выхода ОЛЦ $\alpha_g \in C'$; I_q^j ; $A \subset I_q^j$ - адрес j-го входа ОЛЦ $\alpha_g \in C'$, X_h - входной сигнал, определяющий на ГСА Γ переход из выхода ОЛЦ $\alpha_g \in C'$ во вход I_q^j и равный конъюнкции некоторых переменных (или их отрицаний) $x_e \in X$; Φ_h - набор функций возбуждения триггеров счетчика СТ, принимающих единичное значение для переключения СТ из $A(O_g)$ в $A(I_q^i)$; $h=1, K, H$ - номер строки таблицы. Для формирования таблицы переходов в настоящей работе предлагается построить систему формул перехода [2] для выходов ОЛЦ $\alpha_g \in C'$ в виде:

$$O_{g \rightarrow} \bigcup_{i=1}^{I_g} X_i I_q^j, \quad (9)$$

где I_q - количество переходов из выхода O_g , X_i - входной сигнал, определяющий i-й переход ($i=1, K, I_g$).

Для ГСА Γ_1 система (9) имеет вид:

$$\begin{aligned} O_1 &\rightarrow x_1 I_1^2 \vee \bar{x}_1 x_2 I_2^1 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 I_3^1, \\ O_2 &\rightarrow x_2 I_2^1 \vee \bar{x}_2 I_3^1. \end{aligned} \quad (10)$$

Таблица переходов КМУУ $U_2(\Gamma_1)$, соответствующая (10), имеет $H=5$ строк (табл. 2)

Таблица 2. Таблица переходов КМУУ $U_2(\Gamma_1)$

O_g	$K(O_g)$	I_q^j	$A(I_q^i)$	X_h	Φ_h	h
O_1	0^{**}	I_1^2	001	x_1	D_3	1
		I_2^1	010	$\bar{x}_1 x_2$	D_2	2
		I_3^1	101	$\bar{x}_1 \bar{x}_2$	$D_1 D_3$	3
O_2	1^{**}	I_2^1	010	x_2	D_2	4
		I_3^1	101	$\bar{x}_2$	$D_1 D_3$	5

В этой таблице код $K(O_g)$ формируется следующим образом: если g-й разряд адреса $A(O_g)$ входит в множество T' , то в код $K(O_g)$ записывается значение этого разряда в

адресе $A(O_g)$, в противном случае соответствующий разряд кода $K(O_g)$ равен * (не имеет значения). Как видно из табл. 2, счетчик СТ имеет информационные входы D-типа. Система (6) формируется по таблице переходов очевидным образом. Например, из табл. 2 имеем $D_1 = \overline{T_1} \overline{x_1} \overline{x_2} \vee \overline{T_1} \overline{x_2}$, что соответствует строкам 3 и 5.

Синтез схемы КМУУ U_2 сводится к реализации системы (6) на FPGA и системы (5) – на DMB. Методы решения подобных задач достаточно освещены в литературе [4, 8] и выходят за рамки данной статьи.

5. Заключение

Предлагаемый в работе подход позволяет уменьшить число LUT-элементов в схеме адресации КМУУ за счет уменьшения числа сигналов обратной связи. Метод не связан с увеличением времени такта КМУУ, так как не вводятся новые структурные элементы. Более того, уменьшение числа аргументов системы функций возбуждения приводит к уменьшению времени такта, если уменьшается число уровней комбинационной схемы. Исследования авторов показали, что выигрыш от идентификации выходов растет по мере роста отношения R/R_1 , максимальный выигрыш достигается при $R_1 = R_{min}$. Исследования авторов показали, что при $R_1 = R_{min}$ и $(R/R_1) > 1$ выигрыш по сравнению с КМУУ U_1 может достигать 35-42%.

Список литературы: 1. Грушницкий Р.И., Мурсаев А.Х., Угрюмов Е.П. Проектирование систем на микросхемах программируемой логики. – Петербург: БХВ– 2002. – 636 с. 2. Brown S., Vernesic Z., Fundamentals of Digital Logic with VHDL Design. – McGraw Hill, 2000. 3. Salcic Z. VHDL and FPGAs in digital systems design, prototyping and customization. – Kluwer Academic Publishers, 1998. 4. De Micheli G., Synthesis and Optimization of Digital Circuits. – McGraw Hill: NY, 1994. 5. Баркалов А.А. Синтез устройств управления на программируемых логических устройствах. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 262 с. 6. Synteza układów cyfrowych //Praca zbiorowa pod redakcją prof. Tadeusza Łuby – Warszawa: WKŁ, 2003. 7. Jenkins J. Design with FPGAs and CPLDs. – Prentice – Hale, 1995 – 273 pp.

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ УСТРОЙСТВ И МЕХАНИЗМОВ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОДАЧИ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Бахадиров Г.А. (ИМСС АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан)

It is viewed problems creating facilities and mechanisms of transportation and oriented feeding leaf materials in to zone processing the technological machine by the example of leaser industry. Given a theory and applied foundations developing actuating devices of transportation and oriented feeding leaf materials.

Полная механизация и автоматизация технологического оборудования является актуальной и достигается путем внедрения механизмов, устройств и машин с научно-обоснованными параметрами.

В работе рассматриваются проблемы создания устройств и механизмов транспортирования и ориентированной подачи листовых материалов в зону обработки технологических машин на примере кожевенной промышленности. Приводятся теоретические и прикладные основы совершенствования исполнительных механизмов и устройств транспортирования и ориентированной подачи листовых материалов, повышающих качество обрабатываемого продукта в процессах механической обработки.

Несмотря на большое разнообразие типов применяемых машин, и аппаратов в кожевенном производстве сохраняется еще значительное количество немеханизированных операций. Уровень механизации (удельный вес механизированного труда в общих затратах рабочего времени) составляет 50-75% и только на передовых зарубежных предприятиях приближается к 80%. Даже при выполнении механизированных операций рабочему приходится выполнять тяжелые и монотонные ручные вспомогательные операции. Большинство технологических операций кожевенного производства по существу машинно-ручные [1].

Как известно, первые валичные машины, предназначенные для механической обработки кож, выпущенные в 1923 г. фирмой «Quirin leather press Co» (США), послужили прототипом современных валичных машин. В настоящее время валичные кожевенные машины выпускают фирмы: «Svit» (Чехия); «Industry machinery», «Luydy Rizzi», «Aletti», «Mosconi & C.», «Gozzini», «Menagetti» «FBP Automazioni», «Poletto», «SM», «Rotopress», «Bauce Tri. Ma», «Rizzi», «FBP Automazioni», «TB», «Flamar», «Poletto», «Mosconi & C.», «SM», «Aletti», «Bergi» (Италия); «Deri-Maksan» (Турция), «Shlygeter», «Airopress», «BMD», «Moenus Turner», «Raum» (Германия); «Mercier Freres», «Sopfa» (Франция), «Aulson», «Stelling» (США); «Turner» (Англия); «Finvac», «Effipress» (Финляндия) а также Грибановский, Елецкий машиностроительные заводы, ОрловНИИЛегмаш и ООО «КММ» (г. Орел), (Россия) и др. не лишены недостатков. На валичных машинах указанных ведущих фирм рассматриваемая нами проблема не решена либо решается громоздкими и сложными устройствами, которые потребляют большую электроэнергию. [1-4].

В настоящее время итальянские фирмы «Rizzi», «FBP Automazioni», «TB», «Poletto», «Mosconi & C.», «SM», «Aletti», «Rotopress», «Bergi» и др. специализированы преимущественно, для выпуска непроходных валковых машин кожевенного производства, которые имеют очень низкую производительность, так как, каждый кожполуфабрикат обрабатывается как минимум за два прохода. Отжимная-разводная машина модели MVA фирмы «Flamar» (Италия), имеет двойную систему валов с фетровым покрытием. Откуда и высокая себестоимость готовой продукции.

Основными направлениями совершенствования оборудования для кожевенной промышленности являются создание проходного оборудования для механизированных поточных линий по обработки кожполуфабриката. Также разработка механизмов и устройств межоперационного транспортирования и ориентированной подачи обрабатываемого кожполуфабриката в зону обработки технологической машины и комплексной механизации вспомогательных операций. Создаваемые оборудования в соответствии с указанными требованиями должны обеспечить более высокую производительность труда, качество выпускаемой продукции, простоту, легкость и безопасность обслуживания и др. [1].

Применяемых в настоящее время валичных технологических машинах кожевенного производства, укладка и расправка кожполуфабриката выполняются вручную.

С целью создания устройств и механизмов транспортирования и ориентированной подачи листовых материалов путем разработки теоретических и прикладных основ совершенствования исполнительных механизмов и устройств валковых машин, повышающих качество обрабатываемого материала в процессах механической обработки, необходимо решить следующие задачи:

- изучить современное состояние валковых технологических машин для обработки листовых материалов;
- разработать научные основы ресурсосберегающей технологии заключающегося в ориентированной подаче обрабатываемого материала в зону контакта валковой пары технологической машины;
- создать класс наукоёмких высокопроизводительных, конкурентоспособных уст-

роиств транспортирования и ориентированной подачи листового материала в зону контакта валковой пары технологических машин;

- изучить свойства обрабатываемого листового материала и определить их влияние на механическую технологию обработки;

- разработать методику расчета и проектирования устройств ориентированной подачи листового материала в зону контакта валковой пары;

- изготовить экспериментальные образцы новых конкретных устройств ориентированной подачи листового материала в зону контакта валковой пары технологической машины;

- провести экспериментальные исследования по определению влияния новых устройств на ресурсосбережение, качество обработки и выхода площади обрабатываемого материала;

- разработать рекомендации по выбору устройства ориентированной подачи листового материала в зону контакта валковой пары.

Нами разработаны теоретические основы создания механизмов транспортирования, расправки и ориентированной подачи листового материала [5-8]. Изучены свойства обрабатываемого кожполуфабриката и определены их влияние на расправку, транспортирование и подачу в зону обработки.

Разработаны математические модели, методики расчета и проектирования устройств транспортирования и ориентированной подачи листового материала в зону контакта валковой пары с учетом его физико-механических свойств.

На основании теоретических исследований разработаны новые и усовершенствованы действующие механизмы и устройства транспортирования, расправки складок и ориентированной подачи листового материала в зону обработки валковых машин [9-31].

Изготовлены макеты, модели, экспериментальные и промышленные образцы технологических машин с устройствами транспортирования, расправки и подачи листового материала в зону контакта валковой пары технологической машины (рис. 1, 2).

Проведены экспериментальные исследования по определению влияния новых устройств на производительность и долговечность машины, а также ресурсосбережение, качество обработки и выхода площади обрабатываемого материала.

Отдельные результаты исследований в виде конкретных устройств и машин внедрены на кожевенных предприятиях ассоциации «Узбекчармпойабзали» («Узкокобувь»).

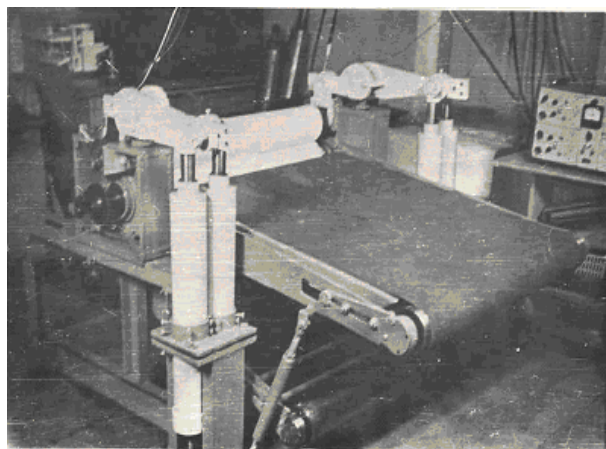


Рис. 1. Лабораторно-экспериментальная машина

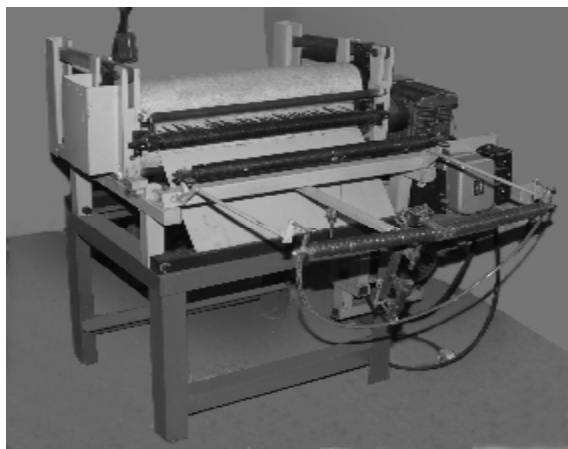


Рис. 2. Действующая модель машины с новыми техническими решениями рас-

Результаты исследований могут быть использованы в проектно-конструкторских, научно-исследовательских организациях и на предприятиях кожевенной и меховой промышленности при:

оценке влияния конструктивных решений и особенностей обрабатываемого материала на эффективность работы машин и качество выпускаемой продукции;

разработке и совершенствовании существующих технологических процессов механической обработки кожполуфабриката и созданию новых;

разработке и выборе научно обоснованных исходных требований на проектирование отдельных механизмов и устройств машин кожевенного производства;

разработке новых технических решений соответствующего оборудования механической технологии обработки кожполуфабриката, позволяющих повысить качество и эффективность кожевенного производства.

Создаваемые высокопроизводительные, конкурентоспособные устройства ориентированной подачи листового материала могут быть применены в текстильной, бумагоделательной, полиграфической промышленности и в машинах прачечного хозяйства.

Список литературы: 1. Бурмистров А.Г. Оборудование предприятий по производству кожи и меха. Часть 1. М. МГАЛП, М 1999. 82 с. Часть 2. М. МГУДТ, М 2001. 56 с. 2. Deri-Maksan an Tanning – Tech’95 // World Leather, - 1996-9, № 11, p.56. 3. Industry Rizzi 1857 S.R.L., Modena, Italya // World Leather. –1994-7, № 2, p.116. 4. New thru’ feed summing machine from FBR // World Leather. – 1996-9, № 1, p.56. 5. Бахадиров Г.А. Выбор параметров механизма транспортирования и расправки // Проблемы механики. – Т. 2000. - №4-5. – с. 98-103. 6. Бахадиров Г.А. Расчет переходного участка от транспортирующего устройства в зону обработки кожполуфабриката // Техника машиностроения. – М. 2002. - №6. с. 37 –40. 7. Бахадиров Г.А. Исследование механизма расправки листовых материалов // Вестник ПГТУ: Четырехязычный научно-теоретический и прикладной журнал широкого профиля: Тамбов. - 2004. - Том 10. - № 1Б. с. 212-219. 8. Бахадиров Г.А. Анализ работы и классификация валковых машин кожевенного производства // Проблемы механики. – Т. 2005. - №4. с. 45-50. 9. А.с. 1214761 (СССР) Устройство для обработки кожполуфабриката. Туляганов А.Т., Аманов Т.Ю., Бахадиров Г.А., Цой Г.Н. – Оpubл. в Б.И. 1986 г. №8. 10. А.с. 1227672 (СССР) Устройство для подачи кожполуфабриката в проходную машину. Туляганов А.Т., Аманов Т.Ю., Бахадиров Г.А., Цой Г.Н., Анарбеков К.Н. - Оpubл. в Б.И. 1986 г. №16. 11. А.с. 1254014 (СССР) Устройство для расправки листового материала при его транспортировании/ А.Т. Туляганов, Т.Ю. Аманов, Г.А.Бахадиров и др. Оpubл. в Б.И., 1986, №32. 12. А.с. 1401045 (СССР) Устройство для транспортировки кожполуфабриката в зону обработки. Аманов Т.Ю., Бахадиров Г.А. Оpubл. в Б.И. 1988 г. №21. 13. А.с. 1445200 (СССР) Устройство для транспортировки и подачи кожевенного и мехового полуфабриката в зону обработки. Аманов Т.Ю., Бахадиров Г.А.1988 г. 14. А.с. 1452112 (СССР) Устройство для транспортировки, расправки и подачи кожи и меха в зону обработки. Аманов Т.Ю., Бахадиров Г.А., 1988 г. 15. А.с. 1492712 (СССР), Устройство для расправки листовых материалов. Аманов Т.Ю., Бахадиров Г.А. 1989 г. 16. А.с. 1704464 (СССР) Устройство для подачи кожполуфабриката в зону обработки. Аманов Т.Ю., Бахадиров Г.А. 1991 г. 17. А.с. 1756360 (СССР) Устройство для транспортировки и расправки листового материала в зону обработки. Бахадиров Г.А. Б.И. 1992 г. №31. 18. А.с. 1759025 (СССР) Устройство для транспортировки, расправки и подачи кожи и меха в зону обработки. Бахадиров Г.А. 1992 г. 19. А.с. 1779055 (СССР) Устройство для подачи кожполуфабриката в зону обработки. Бахадиров Г.А. 1992 г. 20. А.с. 1784649 (СССР) Устройство расправки и транспортиро-

вания листовых материалов в зону обработки. Аманов Т.Ю., Бахадиров Г.А., Абдукаримов А., Цой Г.Н. Оpubл. в Б.И. 1992 г. №48. **21.** Патент РУз, №1022. Устройство для транспортировки и расправки и подачи кожи и меха в зону обработки. Бахадиров Г.А. Официальный бюллетень. Изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, 1994 г. №2. **22.** Патент РУз, №1096. Устройство для транспортировки и расправки листового материала в зону обработки. Бахадиров Г.А. Официальный бюллетень. Изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, 1994 г. №2. **23.** Патент РУз, №1097. Устройство для разводки и отжима кож. Аманов Т.Ю., Бахадиров Г.А., Цой Г.Н., Абдукаримов А. Официальный бюллетень. Изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, 1994 г. №2. **24.** Патент РУз, №1104. Устройство для транспортировки кож в зону обработки. Аманов Т.Ю., Бахадиров Г.А. Официальный бюллетень. Изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, 1994 г. №2. **25.** Положительное решение на выдачу патента РУз от 19.07.2005 г. по заявке IAP 2003 0849 от 23.06.2003 г. Расправочный вал. Бахадиров Г.А. **26.** Положительное решение на выдачу патента РУз от 19.07.2005 г. по заявке IAP 2003 0850 от 23.06.2003 г. Устройство для направления кож. Бахадиров Г.А., Аманов Т.Ю., Ризаев А.А., Абдукаримов А., Маликов Р.Х. **27.** Предварительный патент РУз №05191. Устройство для подачи кож. Бахадиров Г.А., Бюл. ПВ 2002 г., №3. **28.** Предварительный патент РУз, № 05380. Устройство для обработки кож. Бахадиров Г.А., Официальный бюллетень. Изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, №5, 2003г. **29.** Предварительный патент РУз №382. Машина для разводки листового материала, Бахадиров Г.А. Официальный бюллетень. Изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, 1993 г. №3. **30.** Предварительный патент РУз, №2021. Двоильная машина. Бахадиров Г.А. Официальный бюллетень. Изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, 1994 г. №5. **31.** Предварительный патент РУз, №2023. Устройство для расправки и транспортировки плоского материала. Бахадиров Г.А. Официальный бюллетень. Изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, 1994 г. №5.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДНОГО УЧАСТКА ЗОНЫ КОНТАКТА ВАЛКОВОЙ ПАРЫ

Бахадиров Г.А., Баклушин М.Б., Ризаев А.А., Таран Т.Е., Махмудов К.А.
(ИМСС АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан)

It is considered moving of fully saturated liquid element in the output part of the contact zone of roll pair with the same radius. It is specified law of variation normal reaction roll pair by curve of contact, when contact curve is parabola.

Рассматривая процесс удаления влаги из листового материала между двумя валками с одинаковыми радиусами R , расположенных симметрично относительно оси Ox (рис.1), для случая $x < 0$, была выведена зависимость нормальной реакции для выделенного элемента с переменной массой с учетом кинематических и геометрических параметров зоны контакта валковой пары [1].

Начиная со времени $t \geq \frac{a}{w}$ рассматриваемый элемент листового материала будет входить в зону деформации $x > 0$, которая распространится на некоторое расстояние $C_3C_5 = R \sin \alpha$, соответствующее выходу заднего фронта 1-1 элемента из этой зоны

(рис. 5.1.). Здесь предполагается, что очаг деформации ($x \geq 0$) будет заключен между двумя симметрично расположенными параболой относительно оси Ox , уравнения которых отличаются от уравнений, используемых в области $-R \sin \alpha \leq x \leq 0$. Если выделенный элемент листового материала покидает очаг деформации зоны контакта, имея высоту $h_2 < h_0$, то используя координаты точек $A(0, \frac{h_1}{2})$ и $C_3(R \sin g, \frac{h_0}{2})$, найдем соответственно уравнения для верхней:

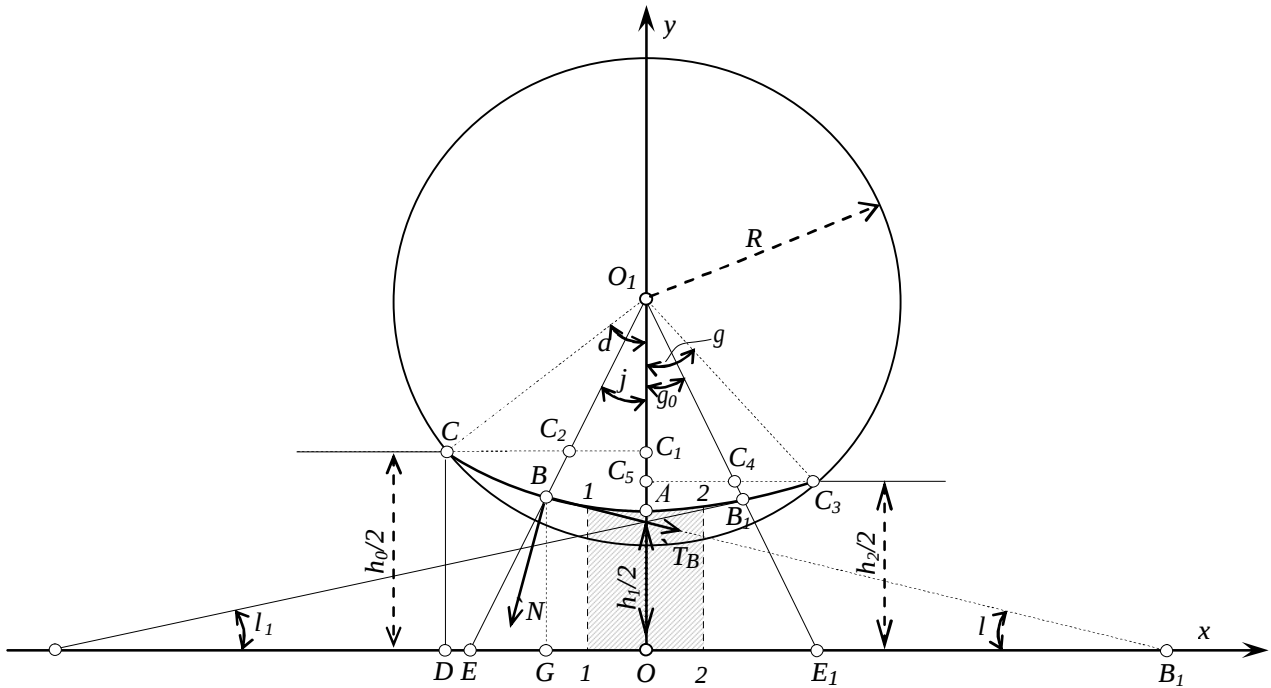


Рис. 1. Схема зоны контакта валковой пары

$$y = \frac{h_2 - h_1}{2R^2 \sin^2 g} x^2 + \frac{h_1}{2} \quad (x \geq 0, \quad y > 0);$$

и нижней парабол:

$$y = -\frac{h_2 - h_1}{2R^2 \sin g} x^2 - \frac{h_1}{2} \quad (x \geq 0, \quad y < 0).$$

Двигаясь в области $x > 0$, элемент листового материала будет расширяться, в результате чего будет происходить перераспределения объема влаги между покрытиями валков и листового материала.

Здесь возможно несколько вариантов, когда элемент полностью насыщен и, когда появляется свободная пористость.

Рассматривается движение элемента полностью насыщенного жидкостью.

1. Задний фронт 1-1 расположен в области $x < 0$ и имеет координату

$x_1^{(1)} = -O_1 C_1 \operatorname{tg} \alpha_1 = -O_1 C \cos \alpha \operatorname{tg} \alpha_1 = -R \cos \alpha \operatorname{tg} \alpha_1$, где $\alpha_1 = \angle BO_1 A$ на момент времени $t = t_* + \frac{a - a_1}{w} = t_1^{(1)}$, а передний фронт 2-2 определяется координатой

$x_2^{(1)} = O_1 C_5 t g g_1 = R \cos g t g g_1$, в момент времени $t = \frac{a + g_1}{w} = t_1^{(2)}$.

2. Фронт 1-1 определяется координатой $x = 0$ или $x_1^{(2)} = 0$ в момент времени $t = t_* + \frac{a}{w} = t_2^{(1)}$ а фронт 2-2 имеет координату

$x = x_2^{(2)} = O_1 C_5 t g g_2 = R \cos g t g g_2 (g_2 \leq g_0)$ в момент времени $t = \frac{a + g_2}{w} = t_2^{(2)}$.

3. Фронт 1-1 соответствует координате $x = x_1^{(3)} = R \cos g t g g_{3,1}$ на момент времени $t = t_* + \frac{a + g_{3,1}}{w} = t_3^{(1)}$, а фронт 2-2-имеет координату

$x = x_2^{(3)} = R \cos g t g g_{3,2} (g_3 \leq g_0)$ на момент времени $t = \frac{a + g_3}{w} = t_3^{(2)}$.

В остальных случаях, когда фронт 2-2 займет положение $x > R \cos g t g g_0$, в элементе будет появляться свободная пористость.

Для произвольных моментов времени $t \in [t_1^{(2)}, t_1^{(1)}]$ определим положение центра тяжести элемента.

Площадь элемента составит:

$$S = \frac{R \cos a t g a_1}{3} \left[(h_0 - h_1) \frac{t g^2 a_1}{t g^2 a} + 3 h_1 \right] + \frac{R \cos g t g g_1}{3} \left[(h_2 - h_1) \frac{t g^2 g_1}{t g^2 g} + 3 h_1 \right].$$

Центр тяжести части элемента расположенного в области $x \leq 0$, определяется по формуле:

$$x_{C_1} = - \frac{3 R \cos a t g a_1 \left[(h_0 - h_1) t g^2 a_1 + 2 h_1 t g^2 a \right]}{4 \left[(h_0 - h_1) t g^2 a_1 + 3 h_1 t g^2 a \right]};$$

Для области $x \geq 0$ находим:

$$x_{C_2} = \frac{3 R \cos g t g g_1 \left[(h_2 - h_1) t g^2 g_1 + 2 h_1 t g^2 g \right]}{4 \left[(h_2 - h_1) t g^2 g_1 + 3 h_1 t g^2 g \right]}.$$

В результате можно найти центр тяжести всего элемента:

$$x_C = \frac{x_{C_1} S_1 + x_{C_2} S_2}{S_1 + S_2}. \quad (1)$$

Здесь возможны 3 варианта: а) $x_C = -l_1 < 0$; б) $x_C = 0$; в) $x_C = l_2 > 0$.

Для случая а) уравнение касательной к параболе определится уравнением:

$$Y - y_1 = k(X + l_1),$$

где

$$y_1 = \frac{h_0 - h_1}{2R^2 \sin^2 a} l_1^2 + \frac{h_1}{2}; \quad k = -\frac{h_0 - h_1}{R^2 \sin^2 a} l_1,$$

т.е. угол:

$$l_1 = \operatorname{arctg} \frac{h_0 - h_1}{R^2 \sin^2 a} l_1. \quad (2)$$

Для случая б) касательная будет параллельна оси Ox .

Для случая в) касательная будет проходить через точку $x = l_2$,

$$y = y_2 = \frac{h_2 - h_1}{2R^2 \sin^2 g} l_2^2 + \frac{h_1}{2};$$

и определится уравнением:

$$Y - y_2 = k(X - l_2),$$

где $k = \frac{h_2 - h_1}{R^2 \sin^2 g} l_2$, т.е. угол

$$l_1 = \operatorname{arctg} \frac{(h_2 - h_1)l_2}{R^2 \sin^2 g}. \quad (3)$$

При нахождении зависимости $x_C = x_C(t)$ необходимо вместо a_1 и g_1 подставить их выражения, согласно выражениям $t_1^{(1)}$ и $t_1^{(2)}$, т.е.:

$$a_1 = a - (t - t_*)w; \quad (4)$$

$$g_1 = wt - a. \quad (5)$$

Если $x_C = 0$, то должно выполняться соотношение $x_{C_1} S_1 + x_{C_2} S_2 = 0$, или

$$\frac{\cos^2 g \cdot tg^2 a}{\cos^2 a \cdot tg^2 g} = \frac{tg^2 [a - (t - t_*)w] \left\{ (h_0 - h_1)tg^2 [a - (t - t_*)w] + 2h_1 tg^2 a \right\}}{tg^2 (wt - a) \left\{ (h_2 - h_1)tg^2 (wt - a) + 2h_1 tg^2 g \right\}}. \quad (6)$$

Из этого трансцендентного уравнения определяется $t = \tilde{t}$, при котором, $x_C = 0$.
Для всех $t < \tilde{t}$, $x_C < 0$, а для $t > \tilde{t}$, $x_C > 0$;

Движение центра масс определяется из (1) после подстановки в него (4) и (5):

$$x_{C_1} S_1 + x_{C_2} S_2 = \frac{R^2}{4tg^2 atg^2 g} \left\{ \cos^2 g tg^2 a \left[(h_2 - h_1)tg^4 (wt - a) + 2h_1 tg^2 g tg^2 (wt + a) \right] - \right. \\ \left. - \cos^2 atg^2 g \left[(h_0 - h_1)tg^4 (a - (t - t_*)w) + 2h_1 tg^2 atg^2 (a - (t - t_*)w) \right] \right\}.$$

Обозначим через $A_0 = \frac{4R}{3} \cos a \cos g$; $A_1 = \cos^2 g$; $A_2 = \frac{h_2 - h_1}{h_1 \tan^2 g}$; $A_3 = \cos^2 a$;
 $A_4 = \frac{h_0 - h_1}{h_1 \tan^2 a}$; $B_1 = \cos a \cos^2 g$; $B_2 = A_2$; $B_4 = A_4$; $B_3 = \cos g \cos^2 a$. Тогда:

$$x_c(t) = \frac{4RA_0}{3} \frac{e_1(t) - e_2(t)}{e_3(t) + e_4(t)}; \quad (7)$$

где

$$\begin{aligned} e_1(t) &= A_1 [A_2 \tan^4 (wt - a) + 2 \tan^2 (wt - a)]; \\ e_2(t) &= A_3 \{A_4 \tan^4 [a - w(t - t_x)] + 2 \tan^2 [a - w(t - t_x)]\}; \\ e_3(t) &= B_1 [A_2 \tan^3 (wt - a) + 3 \tan (wt - a)]; \\ e_4(t) &= B_3 \{A_4 \tan^3 [a - w(t - t_x)] + 3 \tan [a - w(t - t_x)]\}. \end{aligned}$$

Откуда:

$$\ddot{x}_c = \frac{4RA_0}{3} \frac{[e_3(t) + e_4(t)](\ddot{\alpha}_1 - \ddot{\alpha}_2) - [e_1(t) - e_2(t)](\ddot{\alpha}_3 + \ddot{\alpha}_4)}{[e_3(t) + e_4(t)]^2},$$

где

$$\begin{aligned} \ddot{\alpha}_1 &= \frac{4wA_1 \tan (wt - a)}{\cos^2 (wt - a)} \left[A_2 \tan^2 (wt - a) + 1 \right]; \\ \ddot{\alpha}_2 &= -\frac{4wA_3 \tan [a - w(t - t_*)]}{\cos^2 [a - w(t - t_*)]} \{A_4 \tan^2 [a - w(t - t_*)] + 1\}; \\ \ddot{\alpha}_3 &= \frac{3B_1 w}{\cos^2 (wt - a)} [A_2 \tan^2 (wt - a) + 1]; \\ \ddot{\alpha}_4 &= -\frac{3wB_3}{\cos^2 [a - w(t - t_*)]} \{A_4 \tan^2 [a - w(t - t_*)] + 1\}; \end{aligned}$$

Ускорение центра масс определится из формулы:

$$\begin{aligned} \ddot{x}_c &= \frac{4RA_0}{3[e_3(t) + e_4(t)]^3} \{ (e_3 + e_4)[(e_3 + e_4)(\ddot{\alpha}_1 - \ddot{\alpha}_2) - (e_1 - e_2) \times \\ &\times (\ddot{\alpha}_3 + \ddot{\alpha}_4)] - 2(\ddot{\alpha}_3 + \ddot{\alpha}_4)[(e_3 + e_4)(\ddot{\alpha}_1 - \ddot{\alpha}_2) - (e_1 - e_2)(\ddot{\alpha}_3 + \ddot{\alpha}_4)] \}, \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} \ddot{\alpha}_1 &= \frac{4w^2 A_1}{\cos^4 (wt - a)} \{ [A_2 \tan^2 (wt - a) + 1] \cdot [1 + 2 \sin^2 (wt - a)] + 2 A_2 \tan^2 (wt - a) \}; \\ \ddot{\alpha}_2 &= \frac{4w^2 A_3}{\cos^4 [a - w(t - t_*)]} \{ [A_4 \tan^2 (a - w(t - t_*)) + 1] \cdot [1 + 2 \sin^2 (a - w(t - t_*))] + 2 A_4 \tan^2 [a - w(t - t_*)] \}; \\ \ddot{\alpha}_3 &= \frac{6w^2 B_1 \tan (wt - a)}{\cos^4 (wt - a)} [A_2 + (A_2 \tan^2 (wt - a) + 1) \cos^2 (wt - a)]; \end{aligned}$$

$$\mathbb{A}_4 = \frac{6w^2 B_3 \operatorname{tg}[a - w(t - t_*)]}{\cos^4[a - w(t - t_*)]} \left\{ A_4 + [A_4 \operatorname{tg}^2[a - w(t - t_*)] + 1] \cos^2 A_4 \operatorname{tg}^2[a - w(t - t_*)] + 1 \right\}.$$

Теперь найдем относительные скорости отделенных и присоединенных частиц жидкости на произвольный момент времени, когда $x_c < 0$.

Объем элемента на этот момент времени в зоне $x < 0$ составит:

$$V_1(t) = bS_1 = \frac{bR \cos a}{3\operatorname{tg}^2 a} \{ (h_0 - h_1) \operatorname{tg}^3[a - w(t - t_*)] + 3h_1 \operatorname{tg} a \operatorname{tg}[a - w(t - t_*)] \};$$

Средняя скорость истечения жидкости через задний фронт определится из формулы:

$$u_1 = \frac{1}{\tilde{S}_1} \frac{dV_1}{dt},$$

где $\tilde{S}_1$ – площадь заднего фронта элемента на произвольный момент времени t :

$$\begin{aligned} \tilde{S}_1 &= b \cdot 2y = 2b \frac{h_0 - h_1}{2R^2 \sin^2 a} x_1^2(t) + \frac{2h_1 b}{2} = b(h_0 - h_1) \operatorname{ctg}^2 \operatorname{tg}^2[a - w(t - t_*)] + bh_1 \\ \frac{dV_1}{dt} &= - \frac{bwR \cos a}{\operatorname{tg}^2 a \cos^2[a - w(t - t_*)]} \{ (h_0 - h_1) \operatorname{tg}^2[a - w(t - t_*)] + h_1 \operatorname{tg} a \}. \end{aligned}$$

Поэтому:

$$u_1 = - \frac{wR \cos a}{\cos^2[a - w(t - t_*)]}.$$

Аналогично найдем объем жидкости на тот же момент времени, в сечении 2-2

$$\begin{aligned} V_2(t) &= bS_2 = \frac{bR \cos g \operatorname{tg} g_1}{3\operatorname{tg}^2 g} \left[(h_2 - h_1) \operatorname{tg}^3(wt - a) + 3h_1 \cdot \operatorname{tg}^2 \operatorname{tg}(wt - a) \right], \\ \tilde{S}_2(t) &= 2by = \frac{b(h_2 - h_1)}{\sin^2 g} \cos^2 \operatorname{tg}^2(wt - a) + bh_1. \\ \frac{dV_2}{dt} &= \frac{wbR \cos g}{\operatorname{tg}^2 g \cos^2(wt - a)} \left[(h_2 - h_1) \operatorname{tg}^2(wt - a) + h_1 \operatorname{tg}^2 g \right]. \end{aligned}$$

Средняя скорость движения жидкости через передний фронт 2-2 составит

$$u_2(t) = \frac{wR \cos g}{\cos^2(wt - a)}.$$

Масса жидкости, содержащаяся на данный момент времени в элементе листового материала, равна

$$M = r_{ж} [V_1 + V_2 - V_{ck}], \quad (8)$$

С уменьшением объема пористости в очаге деформации V_1 и V_2 значительно уменьшаются, то объем скелета листового материала $V_{ск}$ станет преобладать над ними. Масса M станет отрицательной согласно (8).

Откуда

$$\frac{dM}{dt} = r_{жс} \frac{dV_1}{dt} + r_{жс} \frac{dV_2}{dt} = \frac{dM_1}{dt} + \frac{dM_2}{dt},$$

где

$$\begin{aligned} \frac{dM_1}{dt} &= r_{жс} b \frac{dS_1}{dt} = - \frac{r_{жс} b w R \cos a}{tg^2 a \cos^2 [a - w(t - t_*)]} \{ (h_0 - h_1) tg^2 [a - w(t - t_*)] + h_1 tg^2 a \}; \\ \frac{dM_2}{dt} &= \frac{r_{жс} b w R \cos g}{tg^2 g \cos^2 (wt - a)} [(h_2 - h_1) tg^2 (wt - a) + h_1 tg^2 g]; \end{aligned}$$

Так как, $\frac{dM_1}{dt} < 0$, $\frac{dM_2}{dt} > 0$, то соответственно реактивная сила $\vec{F}_1 = \vec{u}_1 \frac{dM_1}{dt}$ будет направлена вдоль движения элемента по оси Ox , а $\vec{F}_2 = -\vec{u}_2 \frac{dM_2}{dt}$ – против оси Ox . Начальная масса рассматриваемого элемента при $t = t_*$ равна:

$$M_0 = b_1 S_0 \left[r_{ск}(1 - n_1) + r_{жс} n_1 \right].$$

Составим теперь уравнение движения элемента, с учетом изменения его массы в проекции на ось Ox :

$$(M_0 + M) \frac{d^2 x_c}{dt^2} = T_x - N_x + u_1 \frac{dM_1}{dt} - u_2 \frac{dM_2}{dt};$$

или

$$(M_0 + M) \ddot{x}_c - u_1 \frac{dM_1}{dt} + u_2 \frac{dM_2}{dt} = 2N(f \cos l - \sin l).$$

Откуда определяется $N = N(t)$:

$$N(t) = \frac{(M_0 + M) \ddot{x}_c - u_1 \frac{dM_1}{dt} + u_2 \frac{dM_2}{dt}}{2(f \cos l - \sin l)}. \quad (9)$$

Так как, для случая а) $0 < l < \frac{\pi}{2}$, с учетом (2) получим [2]:

$$\cos l = \frac{1}{\sqrt{1 + tg^2 l}} = \frac{R^2 \sin^2 a}{\sqrt{R^4 \sin^4 a + (h_0 - h_1)^2 l_1^2}}; \quad \sin l = \frac{tg l}{\sqrt{1 + tg^2 l}} = \frac{(h_0 - h_1) l_1}{\sqrt{R^4 \sin^4 a + (h_0 - h_1)^2 l_1^2}}.$$

Для $x > 0$ $l = l_1(t)$ а для $x < 0$ $l = l(t)$

В случае б) касательная будет параллельно к оси Ox , следовательно нормальная реакция будет направлена по оси Oy .

Для случая в) аналогично, как и в случае а) определяется подстановкой выражения угла из формулы (3).

Выражения нормальной реакции $N(t)$ для входного [1] и выходного (9) участков позволяют определить параметры валковой пары.

Таким образом, при $t < \frac{a}{w}$, происходит захват и сжатие кожполуфабриката. При $t > \frac{a}{w}$ передний фронт кожполуфабриката войдет в зону расширения. На участке $-R \sin \alpha \leq x \leq 0$, при $t > \frac{a}{w}$ до определенного момента времени, пока задний фронт кожполуфабриката не достигнет координаты $x = -R \sin \alpha$, наступит установившийся режим, т.е. координата центра масс, её скорость и ускорение будут неизменными. Все характеристики могут быть подсчитаны при $t = \frac{a}{w}$ по полученным формулам. Изменяются будут только характеристики в зоне расширения при $x > 0$. Как передний фронт дойдет до выхода из зоны контакта, т.е. при $x = R \sin \alpha$ наступит установившийся режим по всей зоне контакта валковой пары. При этом все характеристики будут константами до тех пор пока задний фронт кожполуфабриката не перейдет плоскости захвата. После чего в области сжатия до определенного момента времени режим станет неустановившимся, а в области расширения установившимся. Когда задний фронт кожполуфабриката войдет в зону расширения процесс станет неустановившимся.

Список литературы: 1. Бахадиров Г.А. Исследование валковой пары для механической обработки листового материала // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – Донецк. 2005. - №30. с. 19-26. 2. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике (для инженеров и учащихся втузов) 10-е изд. – М.: Наука, 1964. - 608 с.

МЕТОДЫ РЕГЕНЕРАЦИИ СОРБЕНТОВ ИЗ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ

Безак-Мазур Э. , Шендрик Т.Г. (Политехника Свентокишиска, ИнФОРУ им. Л.М. Литвиненко НАНУ, г. Кельце, г. Донецк, Польша, Украина)

The possibilities for regeneration of activated carbons (ACs) by different methods were described. Experimental results for extraction of Cr (III), Cr(VI), Cu from ACs at various conditions (pH, time, reagents) are shown.

Сорбенты из активированного угля (АУ), благодаря ряду своих специфических свойств (большая удельная поверхность, высокая адсорбционная ёмкость, присутствие пор разного диаметра, возможность химической модификации поверхности, разная зернистость и пр.) находят разнообразное применение. Их применяют в процессах сорбции загрязнений в технологических системах подготовки воды (удаление микрозагрязнений, удаление соединений, вызывающих цвет и вкус воды) и очистки сточных вод (удаление токсических соединений, например тяжёлых металлов и радиоактивных элементов) [1,2]. Присутствие функциональных групп на поверхности модифицированных окислительными факторами сорбентов облегчает сорбирование металлов. В процессах очистки сточных вод, например, красильных, активированный уголь нашёл применение и как носитель катализатора, требуемого для реакции окисления органических соединений, удаляемых из этих сточных вод [3,4].

Активированный уголь как носитель катализатора находит применение во многих случаях, например, при разных видах органического синтеза (катализаторы с Pd [5] при очистке газов) катализаторы с Cr, Ag, Cu, V, Ni [6-8].

После использования или старения сорбент из АУ является отходом, который можно правильно и рационально использовать далее.

В сфере утилизации отходов мы опираемся на несколько правил:

- минимизация образованных отбросов (отходов), их регенерация, ограничение количества складированных или обезвреженных отбросов.

В настоящее время существует возможность пользоваться такими методами регенерации сорбентов как: термические, химические, каталитические, микроволновые.

Термическая регенерация — это чаще всего применяемый метод промышленной регенерации использованных сорбентов. Её используют, прежде всего, для удаления органических загрязнений из сорбента [9]. Регенерацию проводят при помощи горячих газов (водяной пар, кислород, воздух), а сам процесс заключается в сушке, термической десорбции ранее адсорбированных веществ и обработке угольного материала в условиях высоких температур с целью реактивирования. Температура процесса зависит от регенерационного фактора, например для водяного пара составляет 100 - 120°C, а для других газов - 650 - 1000°C. Метод термической регенерации имеет существенные недостатки и ограничения, такие как энергоёмкость, во время процесса наблюдаются усушки угля, возможность десорбции вредных органических веществ, невозможность применения в случае, когда на регенерированном сорбенте находятся неорганические соединения, в том числе - ионы металлов.

Химическая регенерация

В случае необходимости повторного применения использованных сорбентов и катализаторов химическая регенерация является самой удобной. Среди химических методов надо отметить экстракционные методы, такие как: экстракция растворителями, надкритическая экстракция (SFE), выщелачивание [10].

Во время экстракции растворителями загрязнения с поверхности угольного сорбента удаляются при помощи органических растворителей (спирты, бензол, ацетон) [11]. Во время выщелачивания используют растворы неорганических кислот, гидроксидов или воду при комнатной температуре или при температуре кипения. На эффективность процесса влияет подбор растворителей и количество повторных экстракций. Для повышения эффективности процесса следует подобрать оптимальные условия, в том числе - соотношение объёмов растворителей и массы сорбента. Это соотношение должно быть небольшим (эффективное смешивание), но с другой стороны для пористой матрицы (сорбент) процесс вымывания осложняется из-за задерживания в ней вымывающих растворов. Лучшим решением является в этих условиях многократная экстракция или противоточная экстракция.

Экстракция разными растворителями была применена для регенерации промышленного катализатора на угольном носителе, ранее применяемого в процессе синтеза винилацетата [12]. Эффективность полученного после трёхкратного повторения и при больших объёмах растворителей была низкой (1,5л / 1г сорбента).

В связи с большим количеством сточных вод такой процесс не является рациональным. Поэтому целесообразно было использовать другие экстракционные методы, в том числе - надкритической экстракции. Чаще всего в таких экстракционных системах экстрагентом является двуокись углерода (CO_2), характеризующаяся низкой критической температурой и давлением, химической инертностью и нетоксичностью. Во время регенерации можно использовать только один CO_2 или CO_2 с добавками разных лиган-

дов. Надкритический CO_2 хорошо десорбирует органические вещества, такие как: толуол, многоядерные углеводороды ([13,14]. Надкритический CO_2 с добавками лигандов применяется для десорбции ионов металлов из сорбентов различной природы [15].

В результате работы нашего коллектива разработан новый экстракционный метод, который заключается в использовании реакций комплексообразования в процессах экстракционного регенерования сорбентов из АУ с адсорбированным на нем металлом. Ионы металлов в регенерированном сорбенте могут выполнять функцию центрального иона в комплексных соединениях с соответствующими лигандами или находиться в виде кластеров. Исследование проведено на сорбенте после адсорбции соединений хрома и меди. Для их удаления в процессе комплексования и экстракции образованного комплекса выбрано соединения с лигандовыми атомами N и O. Исследованы производные пиридина и имидазолы [16, 17], которые благодаря разным заместителям в широком диапазоне изменяют свою щёлочность и комплексообразующие свойства по отношению к адсорбированным ионам металлов.

В связи с токсическими свойствами пиридиновых лигандов проанализировано применение нетоксичных лигандов, например пиридилдитиокарбамата (ПДТК) [18]. Результаты регенерации приведены в таблице 1.

Использование комплексообразующих реагентов позволяет: эффективно удалить адсорбированный металл, сделать процесс удаления селективным, сохранить адсорбционные свойства регенерированного сорбента.

Возможности этого способа испытаны также для катализатора: «угольный носитель - палладий», применяемого в органических синтезах. В этом случае рациональный подбор комплексообразующих факторов сделал возможным селективное удаление Pd, который выступает в виде Pd^{2+} .

Каталические методы

Это методы, в которых используется каталическое окисление или восстановление адсорбированных на поверхности АУ веществ. Изучение регенерации активированных углей, импрегнированных окислами Cr, Cu, Co, V или другими соединениями металлов, предназначенных для сорбции стирола и бензола, доказали, что полное каталическое окисление происходит уже при температурах 150 - 210°C [19].

Таблица 1. Результаты регенерации угольного сорбента комплексообразующими реагентами

Комплек- сующий фак- тор	Условия ре- генерации	Степень извлечения Cr(III)	Степень извлечения Cr(VI)	Степень извлечения Си	Дс	Удель- ная по- верх- ность [м ² /г]	Объём микро- пор [см ³ /г]	Поверх- ность микро- пор [м ² /г]
Имидазол	pH=9.5; 60-	62,9	75,5		1,09	634	0,28	583
	pH=9.5; 5мин.	5,8	51,4		8,85			
3,5 ~ диметилпи- ридин	pH=2.3; 60-	30,3	36,9	17,6	1,1	626	0,27	574
	pH=2.3; 5мин.	4,2	18,0		4,3			
	pH=10; 60мин.	55,1	99,2		1,8			
	pH=10; 5мин.	28,5	92,8		3,3			
PDTK	120 мин.	82,3	70,7	24,5	0,9	632	0,28	592
	5 мин.	4,7	53,4	4,4	11,4			

Дс - коэффициент сепарации

Удельная поверхность сорбента до регенерации - 704м /г, объём микропор - 0,30см /г, поверхность микропор 646м /г

Микроволновая регенерация

Микроволновая регенерация использует эффект повышения температуры системы с угольным носителем посредством обработки его микроволнами частотой 300 МГц - 30 ГГц. Такая обработка является причиной образования свободных радикалов и ускоряет химические реакции. Существует возможность полного разрушения угольной матрицы или десорбции адсорбата без разрушения структуры носителя. Исследования разных авторов [20, 21] процесса микроволновой регенерации угольных сорбентов с депозитом органических веществ, таких как: ацетон, метилкетон, хлороформ, тетра-хлорметан, указали на быструю и почти полную десорбцию загрязнений, а регенерированный сорбент сохранил свои сорбционные параметры. В промышленной практике микроволновая регенерация используется при получении золота [22]. Такой процесс может быть интересным и в связи с возвратом ценных металлов, например, микроволновая регенерация была применена для десорбции палладия из катализатора на угольном носителе [23]. Действие микроволн оказалось полезным в случае обезвреживания бросовых угольных сорбентов, содержащих опасные и токсичные вещества, например, ртуть. Показано, что в растворе азотной кислоты и под действием микроволн почти 100% ртути из угольных сорбентов перешло в раствор [24].

Выводы.

Использованные угольные сорбенты и катализаторы на углеродной подложке становятся отходом, регенерация которого имеет большое значение с точки зрения правильного управления отходами. Ввиду увеличивающегося применения сорбентов из активированного угля необходимо расширять круг методов и приемов регенерации за счет химических методов, а среди них важное место занимают экстракционные методы.

Полученные результаты позволяют убедиться в том, что использование новых методов регенерации сорбентов делает возможным вновь получить концентрат ценных

металлов и сохранить сорбционные свойства угольной матрицы, что позволяет осуществить повторное применение.

Список литературы 1. E.Bezak-Mazur, J.Guzy, Mat.Konf. Węgiel aktywny w ochronie środowiska, Człuchowa, 2004, - 428 s. 2. J.Lach, Z.Dąbowski, Mat. Konf. Mikroczyszczenia w środowisku człowieka, Człuchowa, 2003, - 165 s. 3. T.Dąbek, Przem.Chem., 80, 7, 2001.- 290 s. 4. X.Hu, L.Lei, Karbon, 37, 1999.- 631 s. 5. E.Bezak-Mazur, L.Dąbek, X Mikro-symposium „Adsorpcja i kataliza w ochronie środowiska”, Poznań, 2004. 6. B.Buczek, T. Grzybek, A. Zmuda, Karbo - Energo - Ekologia, 3, 1997.- 117 s. 7. T. Grzybek, Zesz. Nauk. AGH, 3, 1993. 8. H. Jankowska, A.Swiałkowski, J. Choma, Węgiel aktywny, WNT, Warszawa, 1995. 9. E. Bezak-Mazur, L. Dąbek, M. Repelewicz, A. Swiatkowski, Przem. Chem., 82, 7, 2003. - 452 s. 10. E. Bezak-Mazur, T. Dąbek, M. Repelewicz, A. Swiatkowski, Ads. Sci, Techn., 20, 6, 2002.- 565 s. 11. S. Zietek, A. Swiałkowski, S. Biniuk, D. Polijczuk, Carbon Conference, Lexington, 2001, PI.-18 s. 12. L. Dąbek, Przem. Chem., 80, 2001.- 517 s. 13. H. Grajek, Biul. WAT, 49, 8, 2000. - 141 s. 14. F. Salvator, C J. Sanchez, Carbon, 34, 1996.- 511 s. 15. R. Marr, T. Gamse, Chem. Eng. Proces., 39, 2000. - 19 s. 16. E. Bezak-Mazur, J.Guzy, Mat. Konf. „Węgiel aktywny w ochronie środowiska”, Człuchowa, 2004.- 428 s. 17. E.Bezak-Mazur, E. Kulig, K.Sulko, Mat.Konf. „Mikroczyszczenia w środowisku człowieka, 2001.-11 s. 18. J. Guzy, Doctor's thesis, Kielce, 2005., 19. M. Sheintuch, Y.I. Matatov-meytal. Catal. Today, 53, 1999. - 73 s. 20. J.Chih-Ju, Carbon, 31, 1993.- 1319s. 21. P. M. Coss, C Y. Cha, Air Waste Manag. Assoc, 50, 2000.- 529 s. 22. S.M. Bradshaw, J. B. Swardt, Microwave Pow. Electr. Energ., 33, 1998.- 151s. 23. E. Bezak-Mazur, L. Dąbek, A. Ratajczyk, The 9th International Energy Conference, Krakow, 2002.- 138 s. 24. L. Dąbek, Przem. Chem., 80, 2001.- 403 s.

ДИНАМИКА БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ МАНИПУЛЯТОРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Безъязычный В.Ф., Надеждин И.В. (РГАТА им. П.А. Соловьева, г. Рыбинск, Россия)

The paper presents the results of investigation in the methods for increasing the speed of manipulators designed for automation of machining operations in noisy and harmful conditions. The pneumatic manipulators having modular design proved the best. The module of rotary arm manipulator is designed in the form of a cycloidal mechanism providing smooth and jerk-free stopping the assembled part in the extreme positions. It permits to achieve considerable (two times and more) reduction in motion cycle duration. The results of computer simulation and experimental investigation of manipulator dynamics are given as well.

Опыт эксплуатации манипуляторов промышленных роботов (ПР), предназначенных для автоматизации производственных процессов в машиностроительной отрасли (двигателестроение), показал, что эффективность такого производства во многом определяется быстродействием ПР. В экономически развитых странах робототехника развивается по двум направлениям. С одной стороны – это универсальные ПР, имеющие сложную кинематическую структуру, развитые средства адаптации к условиям работы, высокую степень искусственного интеллекта, микропроцессорную систему управления, относительно низкие скорости движения исполнительных устройств (ИУ), как правило, очень дорогие. Такие манипуляторы изготавливаются небольшими сериями и предназначены для работы в экстремальных условиях, например, в подводных и космических устройствах, атомной энергетике, при монтаже печатных плат в электронной промышленности и др.

С другой стороны – это максимально простые по конструкции манипуляторы с цикловой системой управления, предназначенные для выполнения в высоком темпе несложных операций. Такие ПР широко используются в дизелестроении, несложной сборке, сортировке, например, при изготовлении подшипников качения, контрольно-измерительных операциях и т.д.

Повышение быстродействия ПР последней группы является актуальной задачей. Практика показывает, что для изготовления небольших по габаритам и массе изделий (весом до 2 Н) экономически целесообразно использовать манипуляторы производительностью 60 - 70 циклов в минуту, а средних (весом до 10 Н) – не менее 20 - 30 циклов в минуту. В то же время производительность большинства моделей современных манипуляторов ПР не превышает 8-14 циклов в минуту, что сравнимо с производительностью человека на тех же операциях.

Существуют различные предложения и реализации разных способов повышения быстродействия манипуляторов для воспроизведения простых движений [1]. В их число входит: увеличение мощности приводов звеньев; выбор рациональных параметров приводов; облегчение конструкций манипулятора за счет применения композиционных материалов и легких сплавов; оптимизация упругих характеристик исполнительных устройств ПР; оптимальное совмещения движений по координатам ПР; использование многоруких ПР; применение многофункциональных рабочих органов и многопозиционных схватов; увеличение скоростей звеньев, имеющих наибольшую цикличность; выбор оптимальной структуры ПР; применение устройств активного гашения колебаний; выбор рационального режима торможения; использование принципа рекуперации энергии в приводах; повышение надежности работы узлов и механизмов ПР; выбор оптимальных законов движения приводов и рациональных передаточных механизмов; построение узко специализированных манипуляторов, например, роторного типа [2]. Анализ показал, что одним из наиболее перспективных направлений является повышение быстродействия приводов манипуляторов ПР, в значительной степени определяемого законами движения.

На рис.1 показана типовая осциллограмма, полученная при исследовании поворота руки ПР на холостом ходу. Как видим, характер переходных процессов имеет ярко выраженные участки разгона, торможения и успокоения колебаний. Общее время позиционирования T_n определяется, как:

$$T_n = t_{нов} + t_{усп}, \quad t_{нов} = t_p + t_y + t_T,$$

где $t_{нов}$ – время поворота руки, $t_{усп}$ – время успокоения колебаний ИУ t_p – время разгона, t_y – время установившегося движения, t_T – время торможения. Быстродействие манипуляторов ПР оценивается временем T_n с учетом времени успокоения колебаний $t_{усп}$ в точках позиционирования. Конец периода $t_{усп}$ зависит от величины допускаемой амплитуды колебаний Δl , которую обычно принимают равной половине допускаемой погрешности Δ повторяемости при позиционировании, т.е. $\Delta l \leq 0,5\Delta$.

Как показывают исследования [1] время успокоения колебаний $t_{усп}$ составляет 50-60% от времени T_n цикла движения и уменьшение $t_{усп}$ является важнейшим резервом увеличения быстродействия сборочных манипуляторов ПР. Это можно достичь путем улучшения закона движения, в значительной степени определяющего ди-

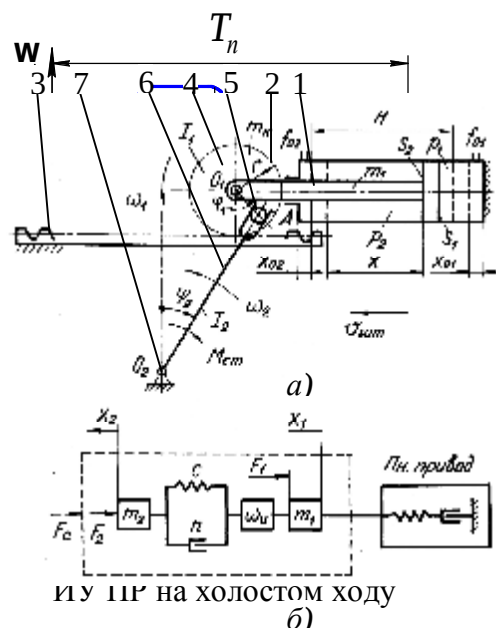


Рис. 2. Расчетные модели МУП ПР с учетом

намические характеристики, быстроходность и быстродействие манипуляторов, например, применением между приводом и ИУ передаточных механизмов, имеющих безударные законы движения [3]. Под безударным законом движения понимается отсутствие скачков угловой скорости ω и ускорения ε ИУ в крайних точках позиционирования ($\omega = 0$, $\varepsilon = 0$). Такие механизмы применяются в сверхлегких манипуляторах ПР «Икар-0,16» и «Икар-0,16М», длительное время используемых в гибких производственных системах в дизельном моторостроении и часовой промышленности.

Модули углового перемещения рассматриваемых манипуляторов состоят из планетарно-цевочных кулисных механизмов (ПЦКМ), кинематическая схема которых изображена на рис. 2, а. Модуль содержит шток 1 пневмоцилиндра, зубчатую пару колесо 2 – рейка 3, диск 4 с цевкой 5 и ведомую кулису 6 с радиальным пазом, жестко связанную с колонной 7 ИУ манипулятора. Механизм работает следующим образом.

При движении штока 1 влево цевка 5, перемещаясь по укороченной циклоиде (на рис. 2, а траектория цевки условно не показана), входит в паз кулисы 6 и поворачивает ее вместе с колонной 7 в крайнее левое положение на угол ψ_{Σ} , равный углу между касательными, проведенными к циклоиде в точках перегиба. Колесо 2 при этом перемещается на величину хода H . В крайнем положении цевка выходит из паза кулисы и положение колонны манипулятора фиксируется. При обратном движении штока (вправо) цевка, двигаясь по той же траектории, что и при прямом ходе штока, входит в паз кулисы 6 и перемещает ИУ манипулятора в другое крайнее положение.

С целью обеспечения гибкости ПР рассмотрены варианты механизмов, позволяющие плавно регулировать угол поворота ИУ манипулятора.

Отметим характерную особенность, свойственную закону движения данного механизма. При перемещении штока пневмоцилиндра с постоянной скоростью колонна манипулятора начинает и заканчивает поворот с нулевыми значениями угловой скорости и углового ускорения. В связи с этим в конструкции манипулятора отсутствуют демпфирующие устройства, являющиеся обязательным конструктивным элементом во всех изготавливаемых в настоящее время пневматических ПР.

Динамика ПР с учетом привода (рис. 2, б) описывается следующей системой безразмерных уравнений [1]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} (1 + a_0) + \operatorname{sign}\left(\frac{dx}{dt}\right) b_0 &= \frac{s_1 - s_2 \Pi - c}{U_0^2}; \\ \frac{ds_1}{dt} &= \frac{1,4}{x_{01} + x} \cdot \left[j(s_1) - s_1 \frac{dx}{dt} \right]; \\ \frac{ds_2}{dt} &= \frac{1,4}{1 + x_{02} - x} \cdot \left[\frac{\Omega}{\Pi} s_2^{1,143} j\left(\frac{s_a}{s_2}\right) - s_2 \frac{dx}{dt} \right], \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $a_0 = I_2 w_u^2 / (m_n r^2)$; $b_0 = I_2 N_u H / (m_n r^3)$; $\sigma_1 = p_1 / p_m$, $\sigma_2 = p_2 / p_m$, $s_a = p_a / p_m$, p_a – атмосферное давление; p_m – давление воздуха в магистрали; p_1 и p_2 – давление воздуха соответственно в рабочей и выпускной полостях; I_2 – приведенный к колонне манипулятора момент инерции ведомых масс; $w_u = (dy_2 / dj_1) / w_1$; $e_u = (d^2 y_2 / dj_1^2) / w_1^2$ – инварианты подобия угловой скорости и углового ускорения ведомого звена; φ_1 и ω_1 – угол поворота и угловая скорость зубчатого колеса с цевкой; $N_u = w_u \cdot e_u$ – инвариант подобия кинетической мощ-

ности; $m_n = m_1 + m_2 + I_1 / r^2$ – приведенная масса, где m_1 – масса поступательно движущихся звеньев (поршень, шток); m_2 – масса промежуточных звеньев (зубчатое колесо с цевкой массой m_k); I_1 – момент инерции ведущей системы; r – радиус зубчатого колеса; H – ход поршня; $\xi = x/H$, $\sigma_i = p_i/p_m$, $\tau = t/t_s$ – безразмерные переменные; $t_s = S_1 H / (f_{01} K \sqrt{RT_m})$; x , t – обобщенная координата и время; f_{01} , f_{02} – эффективные площади проходного сечения подводящей и выхлопной линии; $K = \sqrt{2k/(k-1)}$; при $k = 1,4$, где k – показатель адиабаты для воздуха, коэффициент $K = 2,646$; $R = 287,14$ Дж/(кг·К) – универсальная газовая постоянная воздуха; $T_m = 290$ К – абсолютная температура воздуха в магистрали; $\xi_{01} = x_{01}/H$, $\xi_{02} = x_{02}/H$, x_{01} , x_{02} – приведенные координаты, соответствующие начальному и конечному объему цилиндра; $\varphi(\sigma_1)$, $\varphi(\sigma_a/\sigma_2)$ – функции расхода; $c = F_\Sigma / (p_m S)$; $\Omega = m_1 f_{02} / (m_2 f_{01})$; $U_0 = f_{01} K / S_1 \sqrt{m_n R T_m} / (p_m S_1 H)$; $x_0 = x_0 / H$; $\Pi = S_2 / S_1$; U_0 – константа, характеризующая соотношение размеров и параметров данного привода (безразмерный конструктивный параметр); ξ_0 – начальный объем полости; Π – отношение площадей S_1 , S_2 торцев поршня; S_1 , S_2 – площади торцев поршня со стороны рабочей и выхлопной полости; χ – безразмерная нагрузка; $F_\Sigma = F_1 + M_{cm} \omega_u r^{-1}$ – суммарная приведенная сила, обусловленная моментом сопротивления M_{cm} и силами трения F_1 в цилиндре; $M_{cm} \omega_u r^{-1}$ – сила F_c , обусловленная моментом сопротивления; Ω – коэффициент пропускной способности соединительных линий привода; μ_1 , μ_2 – коэффициенты расхода подводящей и выхлопной линий.

Без учета привода с достаточной для практических расчетов точностью динамика ПР с учетом упругости описывается линейным дифференциальным уравнением с постоянными коэффициентами:

$$\ddot{y}_2 + 2n_g \dot{y}_2 + J^2 y_2 = -(M_{cm,u} + e_u) w_1^2,$$

где y_2 , $\dot{y}_2$, $\ddot{y}_2$ – соответственно обобщенная координата, ее первая и вторая производные; $n_g = 0,5n / I_2$ – приведенный коэффициент демпфирования системы; $J = \sqrt{c / I_2}$ – угловая частота свободных колебаний ведомой массы; n – коэффициент рассеяния, характеризующий диссипативные свойства системы, связанные с силами сопротивления, c – коэффициент жесткости; $M_{cm,u} = M_{cm} / I_2 w_1^2$ – относительный момент статических сопротивлений.

В случае кинетического нагружения, когда $M_{cm,u} \rightarrow 0$, величиной $M_{cm,u}$ можно пренебречь, так как сопротивление перемещению обусловлены силами трения в опорах колонны манипулятора. В общем случае, когда функцию $\epsilon_u(\omega t)$ удобно представить в виде тригонометрического ряда Фурье, уравнение движения исполнительного звена ПР будет иметь вид

$$\ddot{y}_2 + 2n_g \dot{y}_2 + J^2 y_2 = -w_1^2 \sum_{N=1}^{\infty} (y_N \cos N\omega t + z_N \sin N\omega t) - M_{cm,u} w_1^2,$$

где y_N и z_N – коэффициенты ряда; N – порядковый номер гармоники.

Решая данное уравнение при нулевых начальных условиях, получим:

$$y_2 = e^{-n_g t} (A_1 \cos nt + A_2 \sin nt) - w_1^2 \sum_{N=1}^{\infty} (y_N \cos N\omega t + z_N \sin N\omega t) - M_{cm,u} w_1^2 / J^2, \quad (2)$$

где,

$$A_1 = -\omega_1^2 \left(\sum_{N=1}^{\infty} Y_N + M_{cm.u} / \vartheta^2 \right); \quad A_2 = \frac{\omega_1^2}{v} \cdot \left[-n_g \left(\sum_{N=1}^{\infty} Y_N + \sum_{N=1}^{\infty} Z_N N \omega_1 + M_{cm.u} / \vartheta^2 \right) \right];$$

$$Y_N = \left[y_N (J^2 - w_1 N^2) - 2 z_N n_g w_1 N \right] / W; \quad Z_N = \left[z_N (J^2 - w_1 N^2) - 2 y_N n_g w_1 N \right] / W;$$

$$n = \sqrt{J^2 - n_g^2}; \quad W = (J^2 w_1 N^2)^2 + 4 n_g^2 w_1^4 N^2.$$

В крайних точках позиционирования колонна манипулятора фиксируется, при этом ведомая масса, упруго связанная с колонной, совершает свободные затухающие колебания

$$y_2 = e^{-n_g t} \left(y_2^0 \cos nt + \frac{n_g y_2^0 + w_u^0}{n} \sin nt \right), \quad (3)$$

где верхний индекс "0" у параметров y_2^0 и w_u^0 соответствует "идеальному" механизму.

Из анализа полученного выражения (3) следует, что при заданной угловой скорости ω_1 зубчатого колеса и скорости поршня $v_{шт} = \text{const}$, продолжительность успокоения ведомой массы зависит от частоты $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{J^2 - n_g^2}{w_1}}$ и коэффициента демпфирования n_g собственных колебаний системы. Для сокращения продолжительности $t_{усп}$ необходимо осуществлять раздельную фиксацию ведомого звена ПЦКМ и ИУ манипулятора.

Зависимости (2)-(3) описывают динамику ведомого звена манипулятора с учетом упругости при равномерном движении поршня пневмоцилиндра. Для других режимов работы ($v_{шт} \neq \text{const}$) в формулы (2)-(3) следует подставлять мгновенные значения параметра ω_{1i} , полученные из совместного решения уравнений (1) динамики системы; при этом $w_{1i} = \dot{x}_i / r$, где i – шаг, равный числу делений рабочего хода поршня; $\dot{x}_i$ – мгновенная скорость поршня.

Для проверки точности моделирования динамики манипулятора ПР были проведены экспериментальные исследования, содержание которых включало изучение динамики и точности углового позиционирования при раздельной и совместной работе пневмопривода степеней подвижности манипулятора [4]. Проверялись основные результаты моделирования динамики манипулятора с учетом привода, упругости звеньев устройства и зазоров в кинематических парах. Кроме этого, были получены сведения по динамике поворота колонны манипулятора с учетом изменения нагрузки и времени поворота.

Цикл поворота ИУ манипулятора (рис. 3) имеет ярко выраженные участки разгона, торможения и успокоения колебаний. Первый этап – разгон, характеризуется плавным нарастанием угловой скорости от 0 до $\omega_{\max} = 6,65 \text{ с}^{-1}$ и положительным максимальным значением углового ускорения $\varepsilon_{\max}^{(p)} = 48,9 \text{ с}^{-2}$. Второй этап – плавное торможение движущихся масс, при этом угловая скорость колонны убывает до нуля, а максимальное угловое ускорение торможения руки манипулятора $|\varepsilon_{\max}^{(r)}| = 48,9 \text{ с}^{-2}$ имеет отрицательное значение, при чем $\varepsilon_{\max}^{(p)} = |\varepsilon_{\max}^{(r)}|$. Поршень доходит до упора и останавливается с конечной скоростью, о чем свидетельствует характер изменения кривой ускорения a . В крайней точке позиционирования, соответствующей времени движения штока $t_{шт} = 0,5 \text{ с}$, происходит фиксация колонны. Вследствие упругости руки ИУ наблюдаются быстро затухающие колебания последней с незначительной амплитудой. Конец времени успокоения колебаний $t_{усп}$ определяется уровнем колебаний Δl , равным половине допускаемой погрешности повторяемости при угловом позиционировании. По паспортным данным манипулятора ПР «Икар-0,16» имеем $\Delta l = 0,1 \text{ мм}$. Время заключительного этапа соответствует повышению давления в рабочей полости p_1 практически до магистрально-

го p_m . Небольшие колебания кривых угловой скорости ω и углового ускорения ε в моменты времени, соответствующие началу поворота ИУ, связаны с особенностями способа фиксации колонны. Рассмотренная выше осциллограмма получена при $\psi_\Sigma = 1,57$ рад, $I_n = 0,0025$ кг·м², $D_{\text{ц}} = 0,032$ м, $H = 0,09$ м, $p_m = 0,4$ МПа, $f_{01} = f_{02} = 4,9 \cdot 10^{-6}$ м².

Для сравнительного анализа динамики ИУ ПР воспользуемся критериями качества, нашедшими применение в практике экспериментальных исследований машин-автоматов и ПР [5]. В таблице приведены данные обработки осциллограммы, показанной на рис. 3. Общее время углового позиционирования T_n , время поворота $t_{\text{пов}}$, средние угловые скорости $w_{cp0} = \psi_\Sigma / t_{\text{пов}}$

и $w_{cp} = \psi_\Sigma / T_n$, коэффициент потерь времени на успокоение колебаний в точке позиционирования ИУ $h_{ycn} = t_{ycn} / T_n$ определялись по методике [5]. Во второй части таблицы приведены простые и комплексные показатели, рассчитанные по результатам экспериментов. К простым показателям относятся: коэффициенты заполнения тахограмм O_ω и $O_{\omega 1}$: $O_\omega = \omega_{cp} / \omega_{\text{max}}$; $O_{\omega 1} = \omega_{cp} / \omega_{cp0}$; коэффициент, характеризующий отношение максимальных угловых ускорений при разгоне и торможении, $O_e = e_{\text{max}}^{(T)} / e_{\text{max}}^{(p)}$. Комплексные показатели: коэффициенты динамичности K_d и K_d^* : $K_d = e_{\text{max}}^{(p)} / w_{cp0}^2$; $K_d^* = e_{\text{max}}^{(T)} / w_{cp0}^2$; коэффициенты быстроходности K_0 и K и их безразмерные аналоги K_0/K_B , K/K_B : $K_0 = w_{cp0} \cdot (I_{II})^{1,3}$; $K = w_c \cdot (I_{II})^{1,3}$, где $K_B = 2,14$ – базовое значение коэффициента быстроходности при переходе к безразмерным величинам.

Таблица 1. Комплексные показатели качества динамики ИУ ПР

$t_{\text{пов}}$, с	t_p , с	t_τ , с	t_{ycn} , с	T_n , с	η_{ycn} , -	ω_{cp0} , с ⁻¹	ω_{cp} , с ⁻¹	ω_{max} , с ⁻¹	$\varepsilon_{\text{max}}^{(p)}$, с ⁻²	$\varepsilon_{\text{max}}^{(T)}$, с ⁻²
0,70	0,37	0,34	0,12	0,83	0,14	2,24	1,89	4,4	17	17
0,35	0,20	0,15	0,13	0,48	0,27	4,49	3,27	7,9	56	78
0,30	0,18	0,12	0,11	0,41	0,27	5,23	3,83	9,6	70	109
0,25	0,16	0,09	0,11	0,36	0,31	6,28	4,36	10,5	84	139
0,20	0,13	0,07	0,18	0,38	0,47	7,85	4,13	11,4	93	163
$t_{\text{пов}}$, с	O_ω	$O_{\omega 1}$	O_e	K_d	K_d^*	K_0/K_B	K/K_B	$A_\omega/A_{\omega B}$	A_d/A_{dB}	$A_{KD} \cdot 10^{-3}$
0,70	0,43	0,84	1,00	3,4	3,4	0,14	0,12	0,034	107	3,1
0,35	0,41	0,73	1,40	2,8	3,9	0,28	0,21	0,060	111	3,6
0,30	0,40	0,73	1,56	2,6	4,0	0,33	0,24	0,069	109	3,8
0,25	0,41	0,69	1,65	2,1	3,5	0,40	0,28	0,080	94	4,6
0,20	0,36	0,53	1,75	1,5	2,6	0,50	0,26	0,075	72	5,9

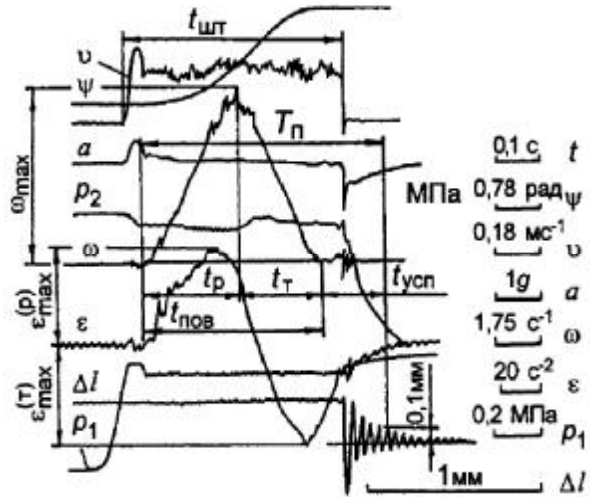


Рис. 3. Осциллограмма кинематических и динамических параметров манипулятора

Коэффициенты, характеризующие зависимость быстроходности механизмов от точности углового позиционирования $\Delta\psi$ (угловые секунды), угла поворота ψ (радиан) и момента инерции I_n (кг·м²) перемещаемых масс: $A_D = K_D \Delta\psi (K_0)^{1/3}$; $A_{KD} = A_w^{1/3} / A_D$; $A_w = K(\psi_\Sigma)^{-1/2} (\Delta\psi)^{-1/4}$. Группа безразмерных интегральных показателей: $A_\omega/A_{\omegaБ}$, $A_D/A_{ДБ}$, где $A_{\omegaБ}=2,14$; $A_{ДБ}=1,27$ – масштабы измерений, наиболее полно учитывает динамику поворота механизмов позиционирования машин-автоматов и мехатронных систем.

Анализ результатов динамических испытаний при уменьшении времени $t_{пов}$ поворота ИУ с 0,7с до 0,2с показал, что рассматриваемый манипулятор характеризуется высокой максимальной угловой скоростью поворота $\omega_{max} = 11,4с^{-1}$ и $\omega_{ср0} = 7,85с^{-1}$, низкими значениями коэффициентов динамичности: $K_D = 1,5-3,4$; $K_D^* = 2,6-4,0$ и коэффициента $O_e = 1,0-1,75$. В то же время вследствие малого приведенного момента инерции ведомых масс $I_n = 0,012$ кг·м² механизм имеет относительно низкую быстроходность: $K/K_B = 0,12-0,28$; $K_0/K_B = 0,14-0,50$ и соответственно значения комплексного критерия $A_\omega/A_{\omegaБ} = 0,034-0,08$. Диапазон полученных значений параметра $A_D/A_{ДБ} = 72-111$ свидетельствует о легких условиях работы механизма. Для сравнения отметим, что при $\psi_\Sigma = 1,57$ рад и точности углового позиционирования $\Delta\psi = 60''$ пневмомеханический привод с мальтийским механизмом имеет следующие экспериментальные характеристики: $\omega_{ср} = 0,55с^{-1}$; $K/K_B = 0,66$; $K_0/K_B = 0,87$; $K_D = 62$; $A_\omega/A_{\omegaБ} = 0,23$; $A_D/A_{ДБ} = 3700$ [5].

Список литературы: 1. . Надеждин И.В. Быстродействующие манипуляторы для автоматизации процессов сборки мелких деталей в машиностроении и приборостроении// Сборка в машиностроении и приборостроении. 2005, №8. С. 20-27. **2.** Никифоров С.О., Челпанов И.Б., Слепнев В.В. Быстродействующие циклоидальные манипуляторы. Улан-Удэ: Изд-во БИЕН СО РАН. 1996. 111с. **3.** Пат.1646848 Россия, МКИ В25J9/08, В25J11/00. Модуль поворота манипулятора/ И.В.Надеждин, Е.П.Солдаткин //Открытия. Изобретения. 1993. №17. С.130.. **4.** Надеждин И.В. Экспериментальное исследование динамики механизмов углового позиционирования быстродействующих мехатронных систем. Динамика систем, механизмов и машин. Тез. докл. V Междунар. науч.-техн. конф. Омск: Изд-во ОмГТУ. 2004. С. 452 –455. **5.** Нахапетян Е.Г. Диагностирование оборудования гибкого автоматизированного производства.- М.: Наука. 1985. 225с.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА СЕРЕБРА CpKM 925-0,2

Беленький А.В., Кожанов В.А., Карпачев В.М., Сапрыкин А.А.
(ДонНИИЦМ, г. Донецк, Украина)

The influence of the heat treatment on the microstructure and mechanical properties of a new silver alloy CpKM 925-0,2 is investigated .The comparative analysis of the microstructure of alloys CpKM 925-0,2 and CpM 925 is given in continuous castings. The relation between the CpKM 925-0,2 alloy hardness and the degree of strain is studied in cold rolling. The kinetics of the artificial ageing of the alloy is investigated.

В последние два-три года на предприятиях ювелирной промышленности Украины разрабатываются и активно внедряются новые ювелирные сплавы золота и серебра. Один из них - деформируемый сплав CpKM 925-0,2 (ТУ У 27.4-00201514-010:2005)

отлично зарекомендовал себя на ювелирных предприятиях ассоциации при производстве бытовых столовых приборов, цепочек и др. изделий, получаемых методами обработки металлов давлением. По сравнению с традиционным сплавом СрМ 925 (ГОСТ 30649-99), новый СрКМ 925-0,2 обладает более высоким уровнем технологических характеристик, в частности: литейных свойств, при непрерывном литье заготовок, хорошей стойкостью против окисления в процессе литья, высоким комплексом свойств прочность - пластичность.

Из-за того, что сплав СрКМ 925-0,2 применяется отечественными ювелирами недавно, многие аспекты, связанные с технологией его обработки изучены не достаточно. Задачей работы было исследование влияния термических воздействий на микроструктуру и свойства сплава СрКМ 925-0,2, с целью разработки технологии производства холоднокатаной полосы.

Заготовки под холодную прокатку отливали методом вертикального непрерывного литья. В результате проведенных металлографического и микрорентгеноспектрального анализов установлено, что микроструктура литых заготовок модифицированная, мелкозернистая и характеризуется технологически благоприятной морфологией выделений структурных составляющих (рис.1). Видно, что выделения твердого раствора на основе меди в сплаве СрКМ925-0,2 измельчены и сфероидизированы, в то время как в непрерывно отлитых заготовках из сплава СрМ 925, твердый раствор на основе меди выделился в виде грубых дендритов (рис.2).

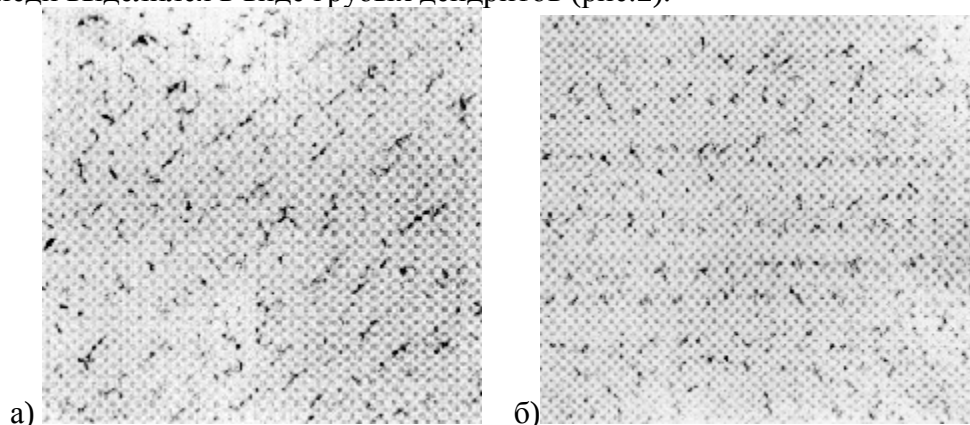


Рис. 1. Микроструктура сплава СрКМ 925-0,2, х400а - непрерывное литье, полоса;
б - термообработка литой полосы (t_H - 720°C, закалка в воду).

Предварительно, с целью разработки технологии прокатки и технологического маршрута производства полосы, исследовали зависимость твердости сплава в холоднокатаных образцах от степени деформации (рис.3). С ростом относительной степени деформации 8, твердость сплава характерно увеличивается, что является следствием деформационного упрочнения - наклепа. При $s > 80$ % наблюдается насыщение упрочнения материала.

В качестве исходного, для исследуемых образцов, было определено твердое состояние, после холодной прокатки с $s = 65$ %.

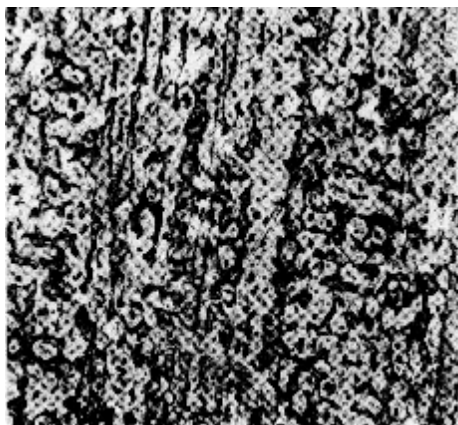


Рис. 2. Микроструктура сплава CrM 925, непрерывное литье, x400.

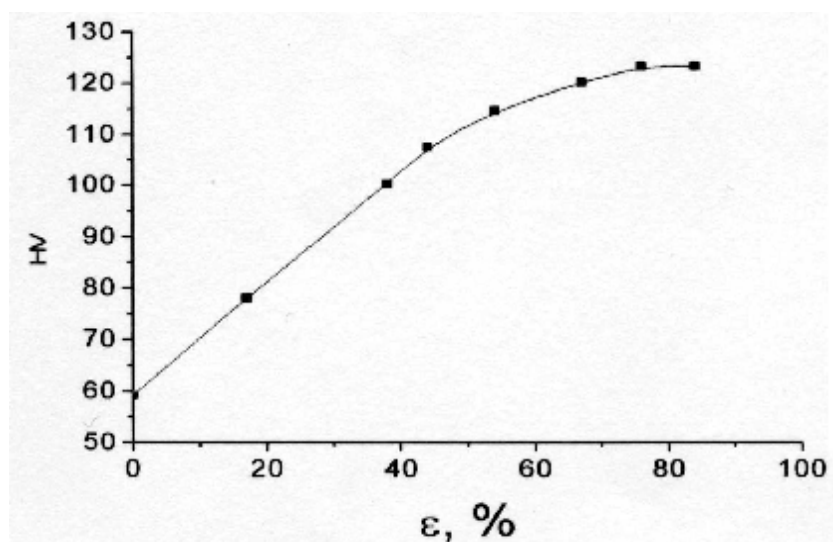


Рис. 3. Зависимость твердости полосы сплава CrKM 925-0,2 от относительной степени деформации при холодной прокатки.

Исследуемые образцы полосы сплава подвергали различным термическим воздействиям, изменяя температуру нагрева образца время изотермической выдержки в печи и скорость (среду) его охлаждения. При этом измеряли твердость сплава в образцах (табл.1), исследовали микроструктуру (рис.4).

Таблица 1 - Твердость сплава CrKM 925-0,2 в различных состояниях

Исходное Состояние	До термообработки HV	После термообработки HV	Режимы термообработки		
			T, °C	t(выдержки), мин	Среда охлаждения
Литье	62	50	720	15	вода
ε – 65%	112	68	550	20	вода
		61	630	5	вода
		52	630	15	вода
		51	630	25	вода
		50	720	15	воздух
		41	720	15	вода

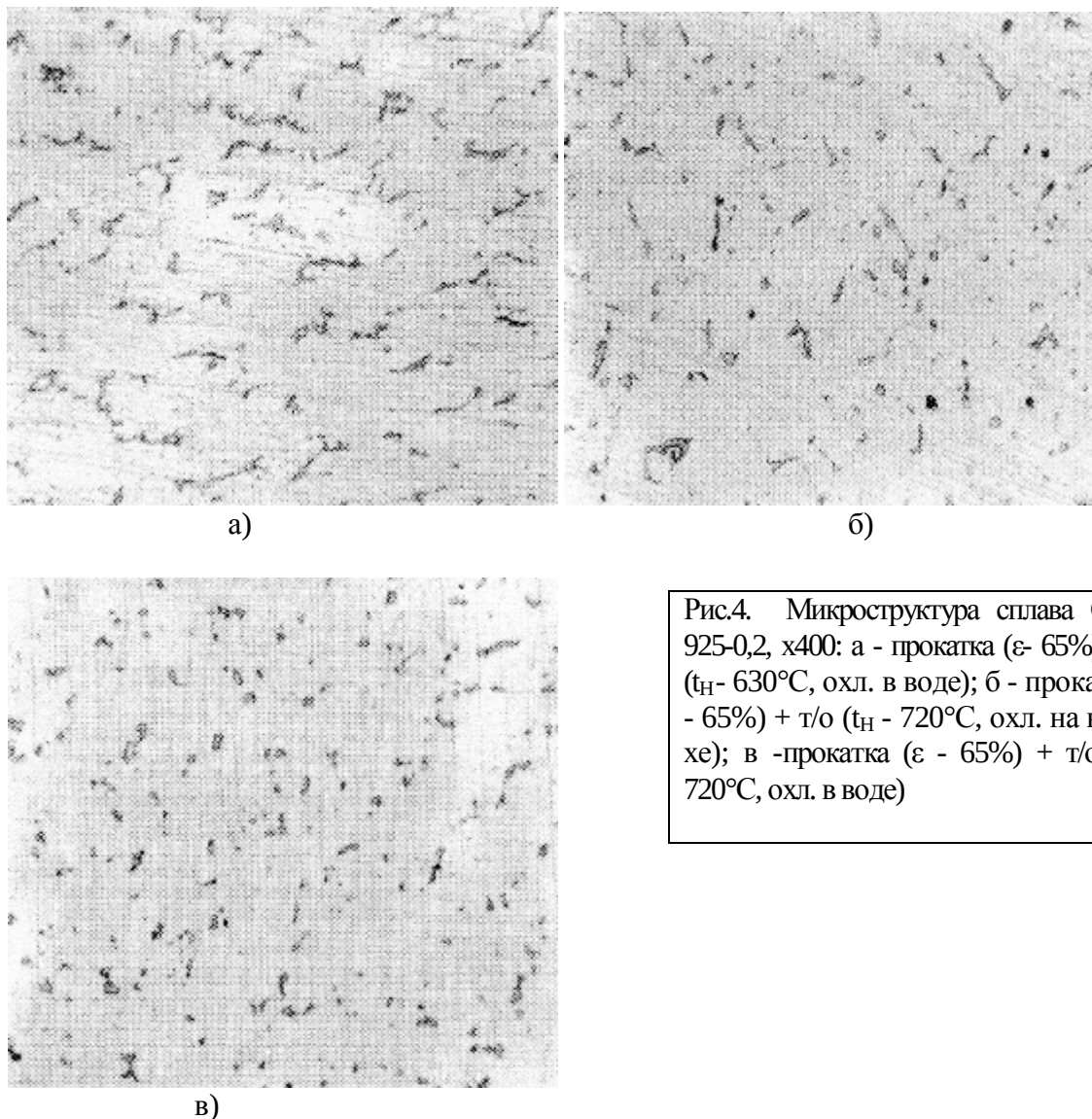


Рис.4. Микроструктура сплава СрКМ 925-0,2, х400: а - прокатка (ϵ - 65%) + т/о (t_H - 630°C, охл. в воде); б - прокатка (ϵ - 65%) + т/о (t_H - 720°C, охл. на воздухе); в - прокатка (ϵ - 65%) + т/о (t_H - 720°C, охл. в воде)

Из полученных результатов видно, что увеличение температуры нагрева образцов и скорости охлаждения приводит к снижению твердости сплава. Минимальная твердость получается после закалки образцов на пересыщенный твердый раствор в воду с температур 710-740°C. Охлаждение образцов на воздухе приводит к повышению твердости сплава. Вероятно, это связано с дисперсионным твердением сплава образца в процессе воздушного охлаждения, после его закалки, при выгрузке из печи. Нагрев под закалку 720°C позволяет получить рекристаллизованную структуру сплава со сфероидальными выделениями твердого раствора на основе меди.

Исследовали кинетику искусственного старения закаленных образцов сплава СрКМ925-0,2, при различных температурах (рис.5).

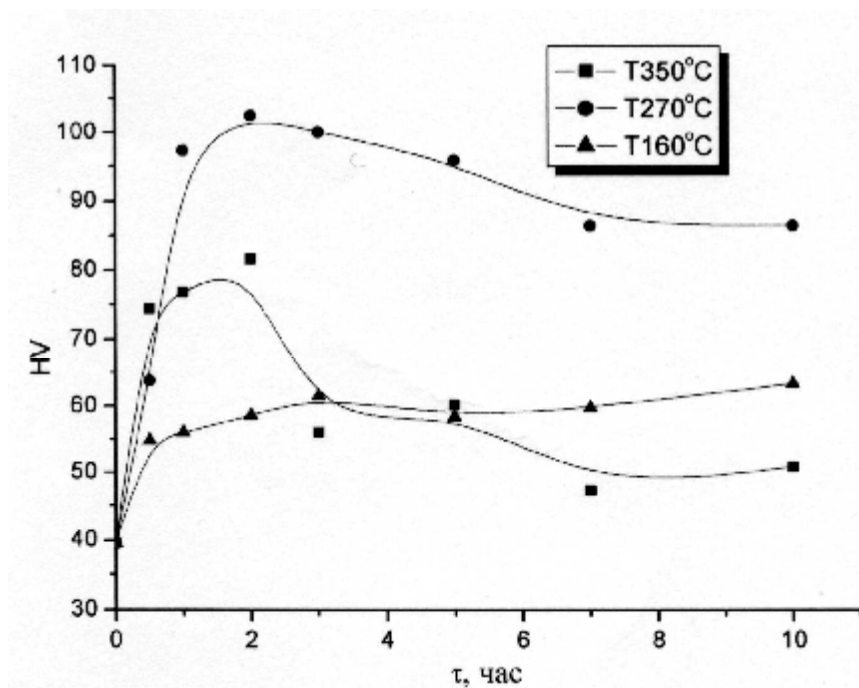


Рис. 5. Кинетика искусственного старения сплава CrKM 925-0,2

Максимальное упрочнение сплава наблюдается при температуре старения 270°C. Снижение твердости при более высоких температурах старения (350°C) по-видимому, связано с интенсификацией процессов и образованием более стабильных выделений упрочняющей фазы[1]. При температурах старения 270°C и 350°C, после двух часов выдержки, наблюдается перестаривание сплава, характеризующееся снижением его твердости. В результате проведенного исследования были разработаны и внедрены в производство технологии холодной прокатки и термической обработки полосы из сплава CrKM 925-0,2.

Список литературы: 1. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. -М.: Металлургия. 1978.-392 с.

ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ХРОМИСТЫХ СТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИОННО-ЛУЧЕВОГО АЗОТИРОВАНИЯ

Белый А.В., Кукареко В.А., Колесникова А.А., Биленко Э.Г.

(ФТИ НАН Беларуси, ИМИНМАШ НАН Беларуси, ФТИ НАН Беларуси, ФТИ НАН Беларуси, Минск, Беларусь)

Structure and phase composition of chromium steels implanted with high-current-density nitrogen ion beams were investigated. It has been demonstrated that proper selection of ion beam processing parameters results in formation of deep modified surface layers and dramatically improves surface wear resistance. Mechanisms for wear resistance improvement are discussed.

К перспективным технологиям инженерии поверхностей металлов и сплавов относится ионно-лучевая обработка при высоких (несколько мА/см²) плотностях ионного

тока [1-3]. Сильноточная обработка сопровождается разогревом поверхностных слоев до температур, обеспечивающих эффективное диффузионное перераспределение имплантированных атомов с образованием глубоких модифицированных слоев.

Исследования проводились на образцах из сталей 40X, 20X13, 40X13 и 95X18, прошедших предварительную закалку по стандартным режимам. Азотирование проводилось с использованием ионов, имеющих энергию 3 кэВ, при плотности ионного тока 2 мА/см². Флюенс легирования составлял 3×10^{19} см⁻². Температура образцов в процессе обработки варьировалась в диапазоне 620 - 770 К.

Проведенные исследования (Таблица 1) показали существенно разное влияние температуры процесса на физико-механические свойства поверхностных слоев обрабатываемых материалов. Ионно-лучевая обработка стали 40X при 620 – 770 К приводит к выделению в поверхностных слоях нитридов γ -Fe₄N и ϵ -Fe₂₋₃N. При 770 К образуются преимущественно низкоазотистые нитриды γ -Fe₄N. В высокохромистых сталях обработка при 620 – 720 К приводит к образованию γ -, ϵ - и α'' -нитридов и азотистого мартенсита, а при 770 К - к формированию слоя, содержащего 17-26 об.% включений CrN, с размером 10 – 20 нм (см. табл. 2). Проведенный анализ обнаружил различие в периодах решетки CrN в изолированном и неизолированном из матрицы состояниях, что свидетельствует о наличии значительных упругих деформаций выделений вследствие различия удельных атомных объемов с матричной α -фазой [4]. Выделение CrN сопровождается образованием поля упругих межфазовых деформаций, в котором выделения находятся в состоянии гидростатического сжатия. Взаимодействие полей межфазовых деформаций с полями напряжений от дислокаций препятствует перемещению дислокаций и приводит к увеличению прочностных и дюрометрических свойств материалов [5].

Фрикционные испытания стали 40X показали, что после обработки при 620 К износостойкость поверхности существенно падает. Понижение износостойкости связано с быстрым разрушением тонкого модифицированного слоя, обусловленного пластической деформацией подложки. Обработка при 670 – 720 К приводит к увеличению толщины модифицированного слоя, образованию включений высокоазотистого нитрида ϵ -Fe₂₋₃N и увеличению износостойкости примерно в 2 раза. Ионная обработка при 770 К вновь ухудшает износостойкость поверхности, что обусловлено выделением частиц γ -Fe₄N с низкой термической стабильностью [6]. При трении модифицированной стали 40X в местах тепловых вспышек происходит диссоциация частиц γ -Fe₄N, вызывающая разупрочнение подповерхностного слоя, локализацию в нем деформации и снижение износостойкости.

Для стали 95X18 характерен наиболее высокий уровень значений износостойкости, как в исходном состоянии, так и после ионной обработки. Высокая износостойкость неимплантированной стали 95X18 обусловлена повышенным содержанием атомов углерода и хрома, обеспечивающих высокую твердость мартенсита и возможность образования карбидов хрома. Важным фактором является также присутствие значительного количества остаточного аустенита. Высокая пластичность аустенита способствует поглощению энергии трения, а образующиеся включения мартенсита деформации находятся в состоянии всестороннего сжатия, обусловленного различием удельных атомных объемов γ - и α -фаз. Возникновение напряжений сжатия и высокие механические свойства мартенсита деформации, замедляют кинетику зарождения микротрещин, а сохранившийся в недеформированных подповерхностных слоях аустенит, препятствует их быстрому распространению.

Таблица 1. Микротвердость $H_{0,19}$, фазовый состав и глубина модифицированного слоя для хромистых сталей, обработанных ионами азота

Сталь	Режим имплантации N^+	Глубина слоя, мкм	$H_{0,19}$, МПа	Основные фазы
40X закалка	Исходный	–	6700	α -Fe; Fe_3C (в следах)
	620	5–10*	8750	ϵ ; γ' ; α -Fe
	670	15–20*	9600	ϵ ; γ' ; α -Fe
	720	20–30*	11000	ϵ ; γ' ; α -Fe
	770	30–40*	9700	γ' ; ϵ ; α -Fe
20X13 закалка	Исходный	-	5500	α -Fe
	620	5–10	13000	ϵ ; α'' ; α_N
	670	15–17	17500	ϵ ; γ' ; α'' ; α_N
	720	30–32	16000	γ' ; α'' ; CrN; α_N
40X13 закалка	Исходный	–	6500	α -Fe; $Cr_{23}C_6$ (в следах)
	620	5–10	11500	ϵ ; α'' ; α_N
	670	12–15	17000	ϵ ; γ' ; α'' ; α_N
	720	25–30	17000	γ' ; α'' ; CrN; α_N
	770	30–40	12000	CrN; α -Fe
95X18 закалка	Исходный	–	8000	α -Fe; γ ; Cr_7C_3 ; $Cr_{23}C_6$
	620	5–7	12000	ϵ ; α'' ; γ_N ; α_N
	670	12–15	18000	ϵ ; γ' ; α'' ; α_N
	720	25–30	17000	γ' ; α'' ; CrN; α_N
	770	30–35	13000	CrN; α -Fe

* В связи с плохой травимостью азотированного слоя в стали 40X определялась его эффективная глубина по толщине слоя, имеющего микротвердость ≥ 5000 МПа.

Таблица 2. Параметры структурного состояния имплантированных ионами азота при 770 К высокохромистых сталей

Сталь	Эффективный размер частиц CrN, нм	Объемная доля частиц фазы CrN	Фактор $\Delta v/v$
20X13	10,0	0,17	0,03
40X13	13,0	0,18	0,03
95X18	20,0	0,26	0,03

Ионная имплантация сталей при 620 К, приводит к образованию тонких слоев и не обеспечивает заметного возрастания износостойкости. С увеличением температуры обработки до 670–770 К износостойкость поверхности возрастает. Максимальную износостойкость демонстрируют слои, имплантированные при 770 К и содержащие включения CrN. Ионная обработка сталей 20X13 и 40X13 при 770 К приводит к увеличению износостойкости примерно на порядок, а стали 95X18 - в 5–6 раз. Объемная доля частиц CrN в стали 95X18 суще-

ственно превышает их содержание в сталях 20X13 и 40X13 и обеспечивает повышенное сопротивление изнашиванию модифицированного слоя. Высокопрочные, термостабильные частицы фазы внедрения CrN при трении не перерезаются дислокациями, блокируют пластические сдвиги и препятствуют процессам локализации деформации. Существенный вклад в снижение подвижности дислокаций вносят образующиеся вокруг частиц CrN поля упругих межфазовых деформаций. Блокирование пластических сдвигов частицами и полями межфазовых деформаций, высокая вязкость разрушения α -фазы высокохромистых сталей замедляют кинетику зарождения и распространения микротрещин, увеличивают износостойкость имплантированных азотом слоев. Энергия фрикционного взаимодействия модифицированных сталей расходуется не на пластическое деформирование тонких поверхностных слоев, а на их разогрев. Интенсивное тепловыделение в условиях трения индуцирует образование на поверхности контртела слоя относительно мягкого оксида α -Fe₂O₃, уменьшающего износ и понижающего коэффициент трения, исследованных фрикционных пар. Присутствие в продуктах изнашивания дисперсных нитридных частиц и оксида α -Fe₂O₃ приводит к зеркальному выглаживанию поверхностей трения.

Список литературы: 1. Марвик А.Д. Модификация твердых тел с применением лазерных, ионных и электронных пучков /Под. ред. Дж.М. Поута, Ж. Фоти, Д.С. Якобсона. М.: Машиностроение, 1987. – 424 с. 2. Диденко А.Н., Лигачев А.Е., Куракин И.Б. Воздействие пучков заряженных частиц на поверхность металлов и сплавов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 184 с. 3. Белый А.В., Кукареко В.А., Лободаева О.В., Таран И.И., Ших С.К. Ионно-лучевая обработка металлов, сплавов и керамических материалов. - Минск: Физико-технический институт, 1998. – 220 с. 4. Гитгарц М.И. Упругие напряжения и деформации в выделении и матрице при распаде твердого раствора сплава ЭИ 437А // Физика металлов и металловедение. – 1966. – Т. 22. - № 2. – С. 220-226. 5. Гитгарц М.И., Кукареко В.А. Роль субмикроскопической структуры в сопротивлении микропластической деформации дисперсионно-твердеющих сплавов на никель-хромовой основе. 1. Стадия упрочнения // Физика металлов и металловедение. – 1985. - Т. 60. - №. 4. - С. 798-809. 6. Самсонов Г.В. Нитриды. – Киев: Наукова думка, 1969. – 380 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОТВЕРДЫХ СЛОЕВ НА ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЯХ ОБРАБОТКОЙ ИНТЕНСИВНЫМИ ПУЧКАМИ ИОНОВ АЗОТА

Белоцерковский М.А., Патеюк А.П. (ИМИНМАШ, БТУ, г. Минск, г. Белосток, Беларусь, Польша)

The present work examines the influence of ion beam processing on structure and properties of thermal spray wire coatings. It is shown that ion nitriding can be used for increasing of hardness and wear resistant of steel coatings.

Упрочнение и восстановление деталей машин методами газотермического напыления относятся к числу перспективных и интенсивно развивающихся способов защиты изделий от износа и коррозии. Вместе с тем традиционные методы высокоскоростного газотермического распыления проволочных материалов с использованием спо-

собо́в газопламенного напыления (ГПН) и активированной электродуговой металлизации (АДМ) обеспечивают относительно низкий уровень твердости и износостойкости покрытий. Одним из перспективных путей повышения прочности и износостойкости покрытий представляется использование технологии низкоэнергетического ионно-лучевого азотирования поверхностных слоев. В данной работе проведено исследование структуры и триботехнических свойств легированных ионами азота покрытий, полученных из высоколегированных проволочных сталей. В качестве материалов для исследований выбраны высокохромистые стали 40X13 и X18H10T, обеспечивающие формирование покрытий с относительно высокими физико-механическими характеристиками.

Для реализации перечисленных технологических процессов использовались соответственно термораспылители "ТЕРКО" и "АДМ-10", изготовленные ИМИНМАШ НАН Беларуси. Скорость полета осаждаемых на обрабатываемую поверхность частиц составляла: 100-150 м/с при ГПН и 400-500 м/с при АДМ. Размеры формирующих покрытие частиц находились в пределах 5-40 мкм.

Ионно-лучевая обработка осуществлялась на экспериментальной установке ФТИ НАН Беларуси с помощью ионного источника с замкнутым дрейфом электронов. Источник генерировал азотный пучок ленточного типа длиной 120 мм и шириной 2,5 мм. Для однородного распределения ионного пучка по обрабатываемой поверхности применялась система механического сканирования узла крепления образцов, которая обеспечивала равномерность дозы облучения не менее 93%. Имплантация проводилась в течение двух часов при энергии ионов 2 кэВ и плотности ионного тока 2 мА/см, что обеспечивало суммарный флюенс ионов около $3 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$.

Температура образцов в процессе ионно-лучевой обработки составляла 620, 670, 720 и 770 К. Контроль температуры осуществлялся с помощью термопары.

Триботехнические испытания модифицированных ионами азота образцов покрытий проводились на трибометре АТВП, оснащенном устройством для измерения коэффициента трения. Испытания осуществлялись по схеме возвратно-поступательного движения контактирующих тел при средней скорости взаимного перемещения 0,1 м/с. Сравнительные испытания антифрикционных свойств образцов проводились в режиме трения без смазки (давление 1,5 МПа) и трения в условиях граничной смазки (давление 25 МПа). При испытаниях использовалось контртело, изготовленное из закаленной стали 60Г (HV=7800-8000 МПа) с размерами 2x40x90 мм.

Имплантация покрытий при 620 К приводит к образованию модифицированных слоев толщиной 3-10 мкм. Микротвердость слоев составляет 9000-10000 МПа для покрытий 40X13 и примерно 6500 МПа для покрытий X18H10T. Твердость неимплантированной сердцевины покрытий сохраняется на уровне исходных значений. Основными фазами в поверхностном слое стали 40X13 являются: $\alpha\text{-Fe}$, $\gamma\text{-Fe}$, $\gamma\text{Fe}_3\text{O}_4$, $\epsilon\text{-(Fe,Cr)}_3\text{N}$. Данные рентгенофазового анализа свидетельствуют об образовании в модифицированном слое твердого раствора азота в аустените, а также о восстановлении высокотемпературного оксида FeO. В модифицированной азотом стали X18H10T на поверхности образуется нитридная фаза на основе ГЦК решетки с гексагональными искажениями ($\gamma'\text{м}$), переходящая в глубине слоя в азотистый аустенит. В слое содержатся γ -фаза, $\alpha\text{-Fe}$ и частицы оксида Fe_3O_4 . Содержание ос-фазы в имплантированном азотом слое уменьшается до 3-5 об. %.

Увеличение температуры ионно-лучевой обработки покрытий до 670 и 720 К приводит к увеличению глубины и твердости модифицированного слоя. При этом модифицированные слои на газопламенных покрытиях имеют несколько большую толщину и

микротвердость. Поверхностный слой обработанной при 670 К стали 40Х13 содержит α -Fe, ϵ -(Fe,Cr)₃N, γ' -Fe₄N, γ'_N и α'' -(Fe,Cr)gN. В нем сохраняется также оксид Fe₃O₄. Слои, сформированные на покрытиях Х18Н10Т, содержат α -Fe, γ -Fe, нитридную γ'_N фазу и оксид Fe₃С₄.

После ионно-лучевой обработки при 720 К толщина азотированного слоя достигает 15-25 мкм для стали 40Х13 и 15 мкм для стали Х18Н10Т. В модифицированном азотом слое покрытия 40Х13 уменьшается концентрация 8-нитрида, увеличивается содержание низкоазотистого нитрида γ' -Fe₄N и регистрируется появление нитрида хрома CrN. В имплантированном покрытии Х18Н10Т наряду с γ'_N фазой обнаруживается выделение частиц нитрида хрома CrN и низкоазотистого нитрида γ' -Fe₄N. При этом содержание низкоазотистого нитрида γ' -Fe₄N в азотированных слоях АДМ-покрытий выше чем в ГПН-покрытиях.

После ионно-лучевой обработки при 770 К покрытий 40Х13 глубина азотированного слоя составляет 25-40 мкм. При этом глубина модифицированного слоя на покрытии, полученном газопламенным напылением, составляет 30-40 мкм, а на покрытии, полученном электродуговым способом - 25-30 мкм. Микротвердость слоя снижается по сравнению со случаем обработки стали при 670 и 720 К и составляет Н=10000-11000 МПа. Фазовый состав поверхностного слоя заметно изменяется и, наряду с α -Fe и оксидом Fe₃Cr, регистрируются только частицы низкоазотистого нитрида γ' -Fe₄N и нитрида хрома CrN.

Самая высокая концентрация γ' -Fe₄N зарегистрирована в модифицированных ионами азота поверхностных слоях АДМ-покрытий. На поверхности покрытиях Х18Н10Т, подвергнутых ионно-лучевой обработке при 770 К, образуются слои толщиной 15-25 мкм с микротвердостью 11500-12000 МПа. Модифицированные слои содержат α -Fe, а также частицы нитрида хрома CrN и низкоазотистого нитрида γ' -Fe₄N. Ионное легирование азотом покрытий, сформированных электродуговой металлизацией, сопровождается преимущественным выделением в слое частиц низкоазотистого нитрида γ' -Fe₄N и α -Fe. Однако, содержание α -Fe в поверхностном слое электродугowych покрытий существенно ниже, чем в газопламенных.

Сопоставляя результаты рентгеноструктурного анализа модифицированных азотом покрытий Х18Н10Т, следует отметить, что наиболее существенные различия в фазовом составе поверхностных слоев обнаруживаются после обработки при 770 К. В модифицированных слоях, полученных на ГПН-покрытиях, образуется большое количество высокопрочного нитрида хрома CrN и α -Fe, как продукта распада обедненного хромом азотистого аустенита. В слоях, сформированных на АДМ-покрытиях, основной фазой, образующейся в результате высокотемпературного ионного азотирования, является низкоазотистый нитрид γ' -Fe₄N. По-видимому, этими различиями в составе модифицированных слоев и объясняется более высокий уровень микротвердости слоя, полученного на газопламенных покрытиях.

Анализ результатов триботехнических испытаний покрытий после различных режимов ионно-лучевой обработки данных показал, что в исходном неимплантированном состоянии газотермические покрытия характеризуются относительно низкой износостойкостью. В частности, средняя интенсивность весового износа АДМ-покрытия 40Х13 составляет $4,7 \cdot 10^{-3}$ мг/м, а коэффициент трения равняется 0,9-1,0. Удельная работа изнашивания покрытия составляет примерно $5 \cdot 10^4$ МДж/м³.

Ионно-лучевая обработка покрытий при 620 К не приводит к существенному увеличению износостойкости поверхностных слоев.

В результате ионно-лучевой обработки при 670 К интенсивность изнашивания поверхностного слоя на АДМ-покрытиях 40X13 резко снижается, а коэффициент трения возрастает. Полученные данные свидетельствуют о существенном (до 34×10^4 МДж/м³) увеличении удельной работы изнашивания модифицированного азотом покрытия. В случае покрытий X18H10T ионно-лучевая обработка при 670 К также приводит к некоторому улучшению триботехнических свойств.

Увеличение температуры ионно-лучевой обработки покрытий до 720 и 770 К обеспечивает формирование модифицированных слоев с высокой износостойкостью. Интенсивность изнашивания модифицированных покрытий находится на уровне $1,0 - 1,5 \cdot 10^{-3}$ мг/м. Удельная работа изнашивания покрытий составляет около 30×10^4 МДж/м³, а коэффициент трения сохраняется на уровне 1,1-1,2.

Высокая интенсивность изнашивания покрытий 40X13, обработанных азотом при 620 К, и покрытий X18H10T, обработанных при 620-670 К, вызвана малой толщиной модифицированных слоев. Причиной ускоренного разрушения упрочненных слоев малой толщины в процессе фрикционного взаимодействия может быть интенсивная пластическая деформация основы в прилегающих к модифицированному слою областях. Несоответствие деформаций твердого слоя (преимущественно упругая деформация) и подложки (пластическая деформация) вызывает образование дефектов в подложке, а также растягивающих напряжений в модифицированном поверхностном слое, приводящих к зарождению на границе раздела с немодифицированным материалом микротрещин, распространяющихся в поверхностный слой и вглубь материала. Развитие трещин приводит в конечном итоге к формированию частиц износа. При переходе к более высоким температурам ионно-лучевой обработки на поверхности образуется достаточно толстый упрочненный слой и износостойкость покрытий существенно возрастает.

Результаты триботехнических испытаний при граничной смазке газотермических покрытий 40X13 в исходном состоянии и после различных режимов ионно-лучевой обработки показали, что на начальных стадиях испытаний коэффициент трения покрытий равен 0,12. При увеличении числа циклов испытаний коэффициент трения постепенно возрастает и после 8200-8400 циклов (путь трения 410-420 м) регистрируется его резкое увеличение, сопровождающееся образованием глубоких борозд на контактирующих поверхностях. При этом процесс изнашивания переходит в стадию заедания, обусловленного разрушением масляной пленки. Разрушение масляной пленки вызвано пластической деформацией газотермического покрытия, износом шероховатостей, насыщением масляной пленки продуктами износа, приводящим к потере смазывающих свойств. Покрытия 40X13, сформированные методом ГПН, на начальных стадиях испытаний имеют коэффициент трения 0,11. Дegrадация масляной пленки начинается после 4700 циклов испытаний (путь трения 230 м). После 6000 циклов (путь трения 300 м) наблюдается заедание, сопровождающееся возрастанием коэффициента трения до уровня 0,6-0,8.

Полученные данные показывают, что ионно-лучевая обработка обоих типов покрытий 40X13 приводит к существенному увеличению продолжительности трибоиспытания до заедания фрикционной пары. Наиболее существенное увеличение стойкости к заеданию у АДМ-покрытий, регистрируется на образцах, обработанных при 720 и 770 К, а у газопламенных покрытий - при 770 К. Повышенная задиристость модифицированных при 770 К газотермических покрытий связана с высокой стойкостью к контактному разрушению азотированных слоев, содержащих дисперсные частицы CrN.

Пониженный уровень стойкости к заеданию у газопламенных покрытий связан с наличием микроучастков вспучивания модифицированного слоя.

Установлено, что ионно-лучевая обработка при температурах 720 и 770 К приводит к резкому возрастанию задиристости ГПН-покрытий из стали X18H10T. В частности, после азотирования при 720 К заедание трибопары при нагрузке испытаний 25 МПа зарегистрировано после 20000 циклов (путь трения 1000 м), а после азотирования при 770 К - после 24000 циклов (путь трения 1200 м). Коэффициент трения на начальных стадиях испытания составлял 0,12. Покрытия X18H10T, полученные способом АДМ, в отличие от газопламенных покрытий демонстрируют весьма высокие противозадирные свойства. АДМ-покрытия X18H10T имеют существенно более высокие противозадирные свойства, чем неимплантированные покрытия 40X13. Высокая стойкость к заеданию объясняется фазовым $\gamma \rightarrow \alpha$ превращением в процессе фрикционного взаимодействия и высокой концентрацией частиц оксидов в покрытии. Поскольку в процессе нанесения электродуговых покрытий и окисления капель расплава в распыляющей струе концентрация легирующих элементов (Cr и Ni) в них уменьшается, то устойчивость метастабильного аустенита в покрытии снижается и в процессе фрикционного взаимодействия в приповерхностных слоях покрытия происходит мартенситное $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение. Количество α -фазы в поверхностных слоях покрытия увеличивается от 15-16 об.% до 30 об.%.

Таким образом, изучен фазовый состав и микротвердость модифицированных ионами азота газотермических покрытий 40X13 и X18H10T. Установлено, что ионно-лучевое азотирование покрытий 40X13 обеспечивает образование модифицированных слоев толщиной от 5 до 40 мкм, с микротвердостью от 9000 до 15000 МПа. Ионно-лучевое азотирование покрытий X18H10T обеспечивает формирование на поверхности слоев толщиной от 3 до 25 мкм с микротвердостью от 6500 до 12500 МПа. В условиях трения без смазки ионно-лучевое азотирование приводит к увеличению износостойкости АДМ-покрытий 40X13 и X18H10T от 3 до 8 раз и удельной работы изнашивания от 5 до 20 раз. Износостойкость модифицированных азотом газопламенных покрытий возрастает от 1,5 до 20 раз. Коэффициент трения составляет 1,1-1,2.

Ионно-лучевое азотирование покрытий 40X13 приводит к увеличению стойкости к заеданию при трении в условиях граничной смазки от 2 до 4 раз. Обработка ионами азота газопламенного покрытия из аустенитной стали X18H10T обеспечивает увеличение его несущей способности от 5-10 МПа до 25 МПа, а также приводит к повышению стойкости к заеданию модифицированных покрытий до уровня стойкости покрытий из высокопрочной мартенситной стали 40X13. Значение коэффициента трения для модифицированных ионами азота покрытий составляет 0,11-0,12.

Работа выполнена при поддержке Белорусского фонда фундаментальных исследований, грант Т05БР-012.

ПУТИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКООКТАНОВЫХ БЕНЗИНОВ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРИСАДОК

Беляевский М.Ю., Веселов Д.И., Волчек А.М., Гончаров Д.В., Беляевский Д.М. (Московский государственный университет инженерной экологии, Москва, Россия)

В настоящее время одной из важнейших проблем в нефтепереработке является получение высокооктановых бензинов Аи-92, Аи-95. Основная масса бензина получается на дорогостоящих установках каталитического риформинга на нефтеперерабатывающих заводах. Эти бензины содержат большое количество ароматических углеводородов (50-

70%), что значительно сказывается на его качестве. В настоящее время применяется большое количество различных присадок, которые повышают качество низкооктанового бензина до Аи-92, Аи-95. Практически все заводы переходят на производство присадок МТБЭ, диметилового эфира, N-метиланилина и другие химические добавки, которые не совсем обеспечивают требования, предъявляемые к качеству современного бензина, кроме того, они достаточно дорогие. Начиная с 1923 года, в США начали интенсивно использовать в качестве присадок этиловый спирт в количестве 8-12%.

В настоящее время в МГУИЭ начались исследовательские работы с присадкой нового класса для получения высокооктанового бензина, которая является отходом пищевой промышленности, что решает задачу утилизации этого вещества, производимого в значительном количестве.

В результате при добавлении этой присадки к низкооктановому бензину Аи-74 был получен бензин Аи-92, Аи-95, который по стоимости эквивалентен прямогонному бензину после установки гидроочистки.

Таблица 1. Октановое число бензина от количества добавляемой присадки.

№	Кол-во добавляемой присадки, мл (суммарное)	Октановое число смеси, исследовател- ский метод
0	0	74,7
1	0,4	79,4
2	0,9	89,0
3	1,4	92,0
4	1,9	94,7
5	2,4	96,6
6	2,9	98,2

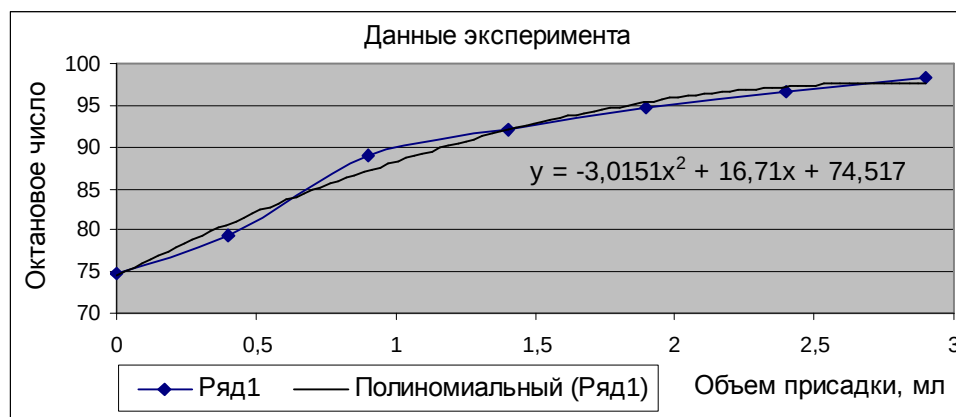


Рис. 1. Зависимость октанового числа бензина от количества добавляемой присадки.

В таблице 1 и на рисунке 1 представлена зависимость октанового числа бензина от количества добавляемой присадки.

где y - октановое число, x - количество, добавляемой присадки.

Количество исходного бензина 54 мл.

В дальнейшем необходимо провести дополнительные исследования двигателя внутреннего сгорания ДВС на полученном бензине, проверить его рабочие характеристики.

ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАНОВОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ КРУПНОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В РАМКАХ ЕДИНОЙ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Богук Е.А., Крикливенко В.И. (ГП НПКГ «Зоря-Машпроект», г.Николаев, Украина)

In the article the technology of the automated formation of the scheduled cost price of manufacturing of the outer produce functioning into complex information system of the large machine-building enterprise also are described.

На государственном предприятии «Научно-производственный комплекс газотурбостроения «Зоря»-«Машпроект»» (www.zmturbines.com) завершается внедрение четвертой очереди комплексной автоматизированной системы управления на базе корпоративной системы управления «IT-Предприятие™» (www.it.ua). Одной из ее частей является контур «Бюджетирование и контролинг», в состав которого входит подсистема «Калькулирование плановой себестоимости». Указанная подсистема предназначена для автоматизации плановых расчетов и анализа плановых, отчетно-плановых и фактических затрат на производство по цехам и предприятию (см. рисунок 1).

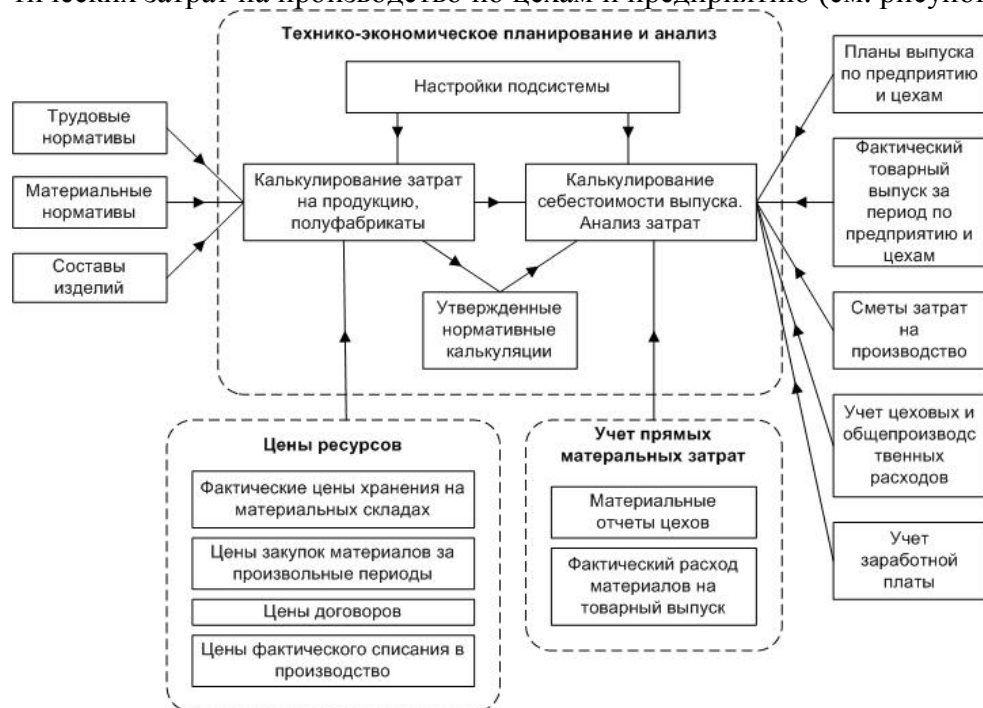


Рис. 1. Функциональная схема работы подсистемы

Работа подсистемы «Калькулирование плановой себестоимости» тесно связана с другими подсистемами комплекса, такими как «Ведение нормативно-справочной системы», «Техническая подготовка производства», «Нормирование производственных ресурсов», «Планирование» и «Управление ценами».

В данной подсистеме реализованы функции автоматизированного формирования плановых калькуляций – калькулирование плана выпуска продукции (формирование и анализ плановой себестоимости выпуска), на базе нормативных калькуляций – калькулирование цены единицы продукции.

На предприятии принят метод расчета калькуляций по заводским нормам. Расшифровка материальных затрат к калькуляции формируется по исходным материалам

без учета полуфабрикатов собственного изготовления. Статьи учета прямых затрат формируются на основе нормативной базы предприятия, статьи учета косвенных затрат формируются расчетным путем – согласно установленным алгоритмам, действиями над статьями с использованием коэффициентов.

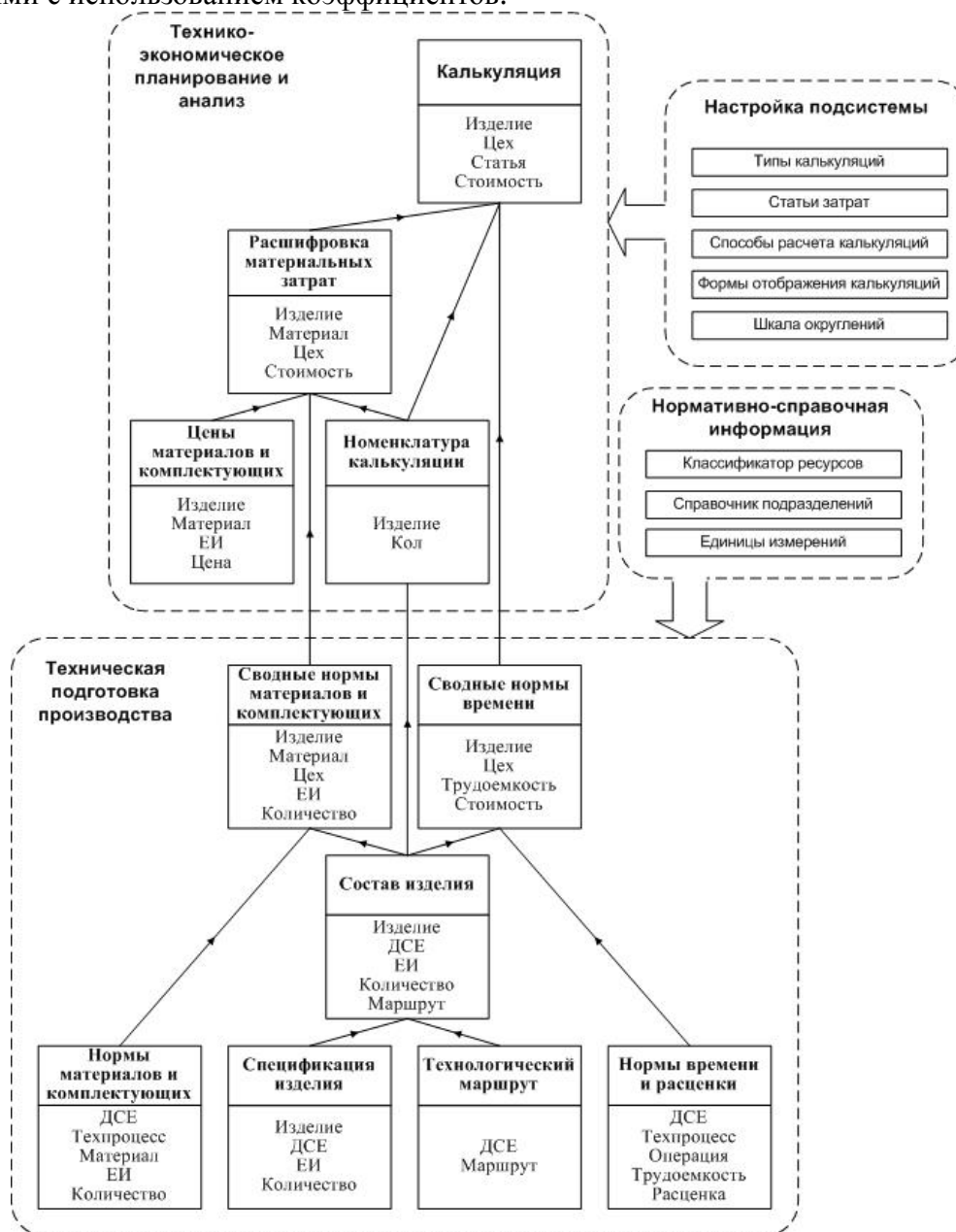


Рис. 2. Схема формирования калькуляции

Перед началом работы с подсистемой выполняется ее начальная настройка путем заданием значений параметров установки согласно установленным планово-экономическим отделом методикам.

Типы калькуляций. Данный справочник предназначен для описания используемых типов калькуляций и некоторых параметров их расчета.

Статьи затрат. В данном справочнике описаны все статьи затрат, по которым выполняется расчет калькуляций.

Способы расчета калькуляций. Подсистема допускает многовариантные расчеты калькуляций. Способ расчета определяет правила обработки данных в калькуля-

ции: порядок формирования номенклатуры продукции по калькуляции, правила (алгоритмы) расчета статей. Порядок расчета калькуляционных статей определяется их алгоритмами.

Формы отображения калькуляций. Справочник форм отображения и печати калькуляций описывает параметры настройки каждой формы отображения. Форма отображения определяет перечень статей затрат, вид отображения данных (на выпуск, на единицу, расчетные коэффициенты, и др.), форму печати.

Шкала округлений. В подсистеме может быть настроено произвольное количество шкал округления. Шкала округления позволяет выполнять округление данных с заданной точностью и представляет собой последовательность записей, описывающих порядок округления для различных диапазонов сумм.

На предприятии в режиме реального времени различными подразделениями ведется единая база нормативно-справочной информации, данные из которой используются для расчетов калькуляций.

Классификатор ресурсов. В классификаторе ресурсов в отдельных группах присваиваются коды готовой продукции, материалам и комплектующим, конструкторской и технологической документация. Здесь же устанавливается соответствие кодов конструкторской и технологической документации кодам готовой продукции.

Ценник предприятия. На предприятии ведется единая база цен. В связи с необходимостью ведения различных цен, используемых в хозяйственной деятельности предприятия, для всех цен устанавливается тип цены. Например, вводятся различные типы цен для цены хранения материалов, цены из договоров, перспективных цен и др. По каждому типу цены ведется своя хронология изменения цены и устанавливается доступ определенным пользователям на просмотр и/или изменение цен. Таким образом, под типом цены понимается отдельный раздел ценника с соответствующими настройками, правами доступа и способами формирования. Один и тот же ресурс может присутствовать в ценнике с разными типами цен.

Основные справочники. Для расчета используются справочники подразделений и единиц измерений.

На этапе технической подготовки производства конструкторскими отделами серийного и опытного производств в системе формируются конструкторские спецификации. В системе предусмотрена возможность формирования конструкторских спецификаций различных типов (ведомость ЗИП, ведомость покупных комплектующих изделий, ремонтная ведомость, ведомость дефектации и др.) с поддержкой версионности, то есть на каждый тип спецификации для каждого изделия можно создать произвольное количество версий конструкторских спецификаций.

Массив технологических маршрутов изготовления ДСЕ формируется и ведется технологической службой комплекса. В системе предусмотрена возможность ведения произвольного количества технологических маршрутов изготовления для каждой ДСЕ.

На базе указанных массивов конструкторских спецификаций и технологических маршрутов изготовления ДСЕ конструкторским отделом рассчитывается состав изделия. В системе предусмотрена возможность ведения различных типов составов (конструкторский, технологический, производственный и др.) с поддержкой их версионности.

Так как нормированием охвачены различные ресурсы: материальные, трудовые, оборудование, и др., в системе предусмотрена возможность ведения произвольного количества типов норм. Под типом нормы понимается совокупность характеристик, состава, методов доступа, организации, формирования, расчета, хранения и отображения информации по определенному разделу производственного нормирования. Массивы

материальных и трудовых норм ведутся непосредственно в системе соответственно технологической службой и управлением труда и заработной платы. На базе подетальных норм материалов и комплектующих рассчитываются сводные материальные нормы на изделие, а на базе пооперационных норм времени и расценок – сводные трудовые нормы на изделие.

Планово-диспетчерским управлением предприятия формируется график комплектации основных серийных изделий. Который представляет собой перечень планируемой к выпуску продукции с привязкой по периодам.

Расчет плановой себестоимости производится планово-экономическим отделом предприятия и состоит из нижеописанных этапов.

Номенклатура продукции. Формируется перечень продукции, по которой выполняется расчет. На предприятии настроены несколько различных способов автоматического создания таких перечней.

Цехокомплект. Формируется перечень цехов, участвующих в изготовлении продукции. Расчет производится на основании массива технологических маршрутов изготовления ДСЕ, указанных в составах перечисленной номенклатуры.

Коэффициенты. Формируется перечень коэффициентов и их значения для использования в расчете данной калькуляции на основании базового справочника коэффициентов. Для текущего расчета значения коэффициентов могут быть отличными от базовых.

Расшифровка материальных затрат. Формируется расшифровка состава «материальных» статей калькуляции: «Сырье и материалы», «Комплектующие», «Отходы» и т.д. Расшифровка материальных затрат формируется по всей номенклатуре продукции, включенной в калькуляцию на основании рассчитанных сводных материальных норм.

Цена материалов и комплектующих. Выполняется «расценка» расшифровки материальных затрат – указываются цены по всем материалам, которые включены в расчет. В момент «расценки» автоматизированы процессы проведения анализа и принятия решений. Например: можно проанализировать и сравнить значения по различным типам цен на весь перечень материалов и комплектующих; можно принять к расчету минимальные, максимальные или средневзвешенные цены; можно принять цены из первых или последних приходных документов. То есть в данный момент и применяется методика «А что будет если...».

Нормативная калькуляция. Производится расчет нормативной калькуляции в соответствии с указанными условиями расчета и алгоритмами формирования значений калькуляционных статей на основании данных, которые ведутся в реальном режиме времени. После проведения анализа и принятия решения нормативная калькуляция утверждается, и цены готовой продукции фиксируются в ценнике предприятия.

Плановая калькуляция. На основании утвержденных нормативных калькуляций и графика комплектации основных серийных изделий рассчитывается плановая калькуляция на выпуск. Плановая калькуляция также как и нормативная проходит стадию утверждения.

Данная технология позволяет: оперативно формировать нормативные и плановые калькуляции, используя альтернативные варианты расчетов; проводить оперативный анализ путем сравнения различных вариантов расчетов; формировать аналитические данные, такие как анализ отгрузки готовой продукции по плановой себестоимости, рентабельность по цехам и калькуляциям различных периодов, влияние цен на объемы заказов и др.; отслеживать динамику изменения себестоимости изделий в зависимости

от изменения цен закупок материалов и комплектующих, различных вариантов составов изделий, использование альтернативных материалов, использования альтернативных технологических процессов изготовления ДСЕ, применения различных коэффициентов для расчетов косвенных статей затрат.

МОДУЛЬНА СТРУКТУРА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ ПО ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННЮ ТА РЕМОНТУ МАШИН

Божидарнік В.В., Гусєв А.П. (Луцький ДТУ, м. Луцьк, Україна)

The variants of the effectiveness increase of the machine repair production were examined. The system of the organization of the repair structure on the base of the modular approach was proposed. The advantages of the modular organization of the machine repair were produced.

Однією з основних вимог до технологічних та транспортних машин являється виконання технологічних функцій, при безпечних для людини умовах праці та мінімальної собівартості виконання технологічних операцій. Такі вимоги до технологічних та транспортних машин, виконуються лише в тих випадках, коли машини піддаються систематичному технічному обслуговуванню (ТО) та всім видам ремонту (РМ).

При сучасних тенденціях інтенсивного розвитку виробництва машин, частка яких збільшується, як за кількістю, так і за різноманітністю конструкцій. Підтримання їх в справному та високопродуктивному стані, вимагає використання відповідного ремонтного обладнання. З метою розмежовування технологічного обладнання та обладнання для виконання робіт з ТО та РМ технологічних та транспортних машин, домовимося всі види нестандартного ремонтного обладнання називати гаражним обладнанням (ГО).

Основним недоліком існуючої системи експлуатації ГО є низький коефіцієнт його завантаженості та вузька спеціалізація виконуваних робіт.

Як відомо, існують два основних шляхи підвищення коефіцієнта завантаженості обладнання:

- збільшення об'єму робіт з ТО та РМ за рахунок розширення технологічних можливостей ГО;

- підвищення рівня механізації та автоматизації виконання ремонтних робіт.

В першому випадку підвищення коефіцієнта завантаженості обладнання досягається за рахунок зменшення кількості ГО при незмінному об'ємі трудоемності ТО та РМ, у другому – за рахунок звільнення ГО для виконання робіт стороннім організаціям.

Обидва названі напрямки підвищення коефіцієнта завантаженості ГО досягли свого апогею та їхнє подальше удосконалення не передбачається.

Один зі шляхів, найбільш прогресивний, вирішення задачі підвищення коефіцієнту завантаженості ГО являється, на наш погляд, проектування конструкції ГО на основі конструкційних модулів. У нашому випадку під конструктивним модулем слід розуміти найменший склад збірних одиниць ГО, необхідних для самостійного виконання визначених функцій.

Для підвищення ефективності ремонтного виробництва лише проектування ГО по модульному принципі всіх проблем не вирішить. Значного покращення якісного виконання ТО та РМ можна досягнути лише комплексним вирішенням: організаційно-технічних задач багаторівневої системи організації ремонтно-експлуатаційних служб. В самому загальному випадку, структуру підприємства ремонтної служби, організованої за модульним принципом, можна представити у вигляді схеми 1.

Така схема передбачає обов'язковим виконання наступних основних функцій на основі модулів:

- інформаційне забезпечення даними за нормативами та необхідністю проведення всіх видів ТО та РМ, прогресивними методами забезпечення якісними показниками виробничих впливів на машини і т.п.. Практична реалізація інформаційних функцій забезпечується блоком інформаційних модулів;
- керуючі системи пов'язані зі всіма процесами роботи організаційно-технічної структури ремонту та технічного обслуговування машин і ГО. Практична реалізація системних керуючих функцій забезпечується блоком модулів керування;
- *підготовчі технологічні*, що слугують для технологічної підготовки виробництва ремонтних робіт з використанням сучасних автоматизованих систем підготовки ремонтного виробництва САПР ПРП та ТО; реалізація таких робіт здійснюється блоками конструкційних модулів ГО

З ціллю виявлення оптимальних напрямків інтенсифікації ремонтно-обслуговуючих робіт, нами були проведені дослідження структур ремонтних підрозділів, наявність та використання ремонтного обладнання на підприємствах вантажного та пасажирського транспорту сільського господарства, дорожно-будівельних, будівельних та авторемонтних організацій. Проведенні дослідження показали, що технічне обслуговування та весь комплекс ремонтних робіт, в основному, виконуються в майстернях, ангарах, станціях технічного обслуговування (СТО), гаражах та інших аналогічних підрозділах.

Найбільша кількість ремонтного обладнання використовується в гаражах, а більш оптимальна структура організації ТО та РМ в автотракторних господарствах та автотранспортних підприємствах (АТП). ГО, названих підприємств, призначене для виконання основних та допоміжних технологічних функцій. Під основними технологічними функціями ГО слід розуміти безпосереднє виконання робіт (очисні, слюсарно-механічні, розбірно-збиральні та ін.). До допоміжних функцій відносять роботи, що покращують умови виконання технологічних операцій ТО та РМ (вивішуванні машин, їх перекидання, кантування та ін.). На відміну від технологічного обладнання, різних галузей промисловості, гаражне (ремонтне) обладнання проектується, в основному, для створення умов виконання технологічних операцій по ТО та РМ, а технологічне обладнання конструюється для виконання операцій пов'язаних із зміною форми виробів, розмірів взаємного розміщення поверхонь та інших властивостей деталей та складальних одиниць (СО), зі строго регламентованими параметрами точності та шорсткості. Технологічне обладнання, уніфіковане за видами виконуваних робіт. Конструкція такого обладнання komponується з уніфікованих та стандартних деталей та СО, що відбивається на вартості експлуатації, ТО та ремонті.

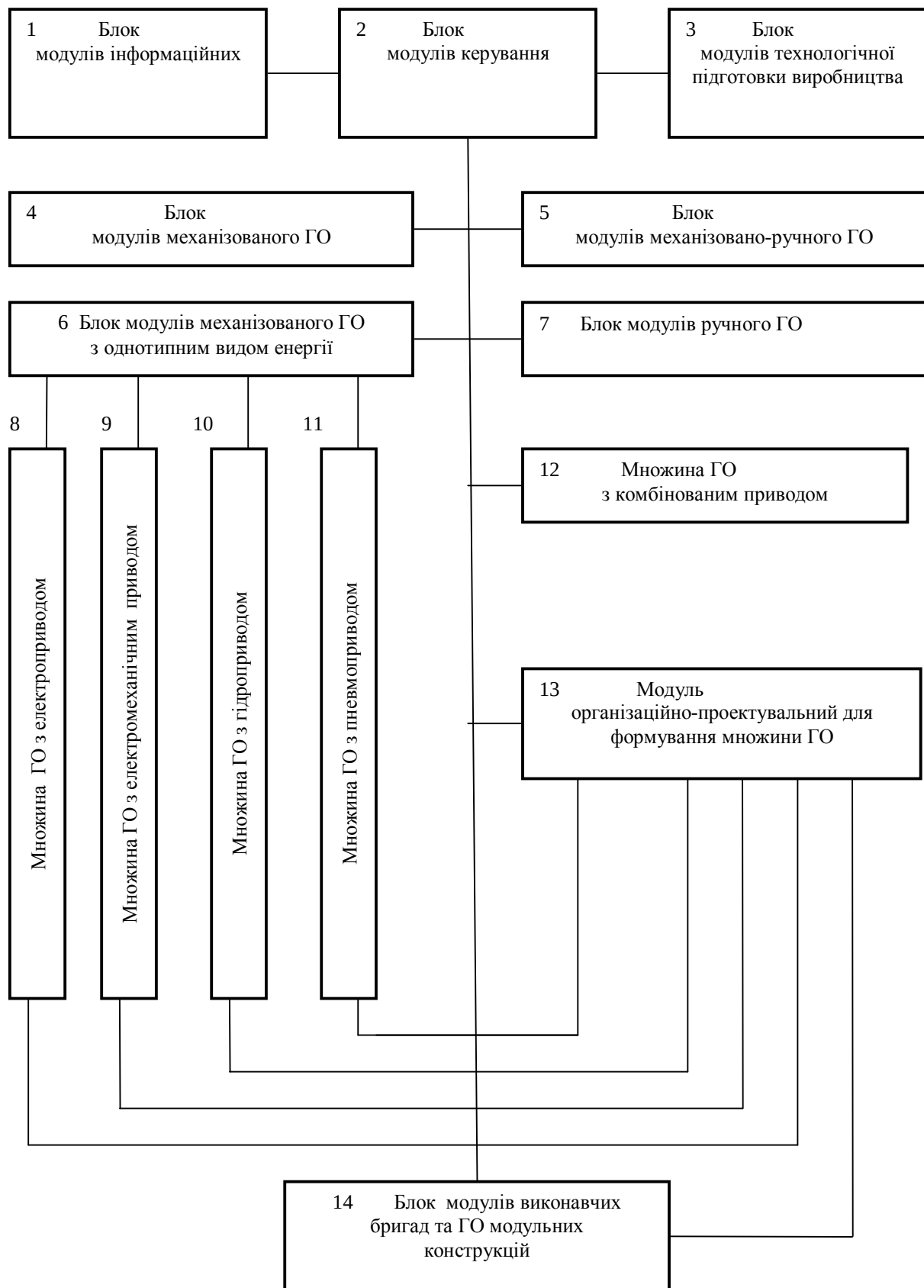


Рис. 1 Схема модульної організаційно-технічної структури ремонту та технічного обслуговування машин

Існуючі конструкції ГО за параметрами уніфікації та стандартизації різко відрізняються від конструкцій технологічного обладнання, не дивлячись на те, що в АТП експлуатується сотні тисяч зразків ГО. Серед них є дуже складні та дорогі [1]. Також слід відмітити, що АТП укомплектовано ГО на 25...30%. Парк автомобілів зростає. Потреба в ГО збільшується. Недостатня кількість ГО на підприємства призводить до зниження якості виконання ТО та РМ. В той час ГО, що знаходиться в експлуатації не до завантажене. Аналіз часу використання ГО вказує на наступні фактори: найбільш завантажені установки для мийки машин (5...14год), мастильно-заправні установки (6...13год), компресори (8...18год), механічне обладнання (7...14год), стенди для ремонту силових установок (6...12год), стенди для демонтажу шин (5...12год) та ін., незначно завантажені газоаналізатори (1...3год за добу), прилад для перевірки свічок (1...2год), стенди для перевірки встановлення кутів коліс (3...4год) та ін. Близько половини обладнання працює в одну зміну. Коефіцієнт внутрішньо змінного використання обладнання коливається від 0,1 до 0,8, причому більш як 45% зразків обладнання мають коефіцієнт внутрішньо змінного використання не більше 0,5. Це надзвичайно низький показник використання ГО [1].

Проблеми інтенсифікації роботи ГО вирішуються різноманітними шляхами. Однак, досягнути потрібного результату не в нашій країні, не за кордоном досягти не вдається.

Аналіз різноманітних способів інтенсифікації роботи ГО показує, що подальше удосконалення структури організації технічної служби, виконання роботи з ТО та РМ, традиційними способами являється неможливим по ряду причин. Одним з основних являється вибір головної ланки з якої починається пошук спільності конструктивно-технологічних ознак системи організації ремонтного виробництва. Так, в якості вихідної ланки, для ремонтного обладнання приймається виконувана робота, а для організаційної структури – відділення, зона і т.п. В першому випадку приймається дуже мала ознака спільності, в другому (з розглядуваних) – дуже велика. Звичайно, не мінімальна, не максимальна ознака спільності, потрібного ефекту не дає.

За одиницю спільності конструктивно-технологічних ознак організації технічної служби та обладнання для проведення робіт з ТО та РМ, на наш погляд, необхідно прийняти комплексний параметр, як і вся організація ремонтного виробництва представляється на використання модульного принципу. Модульний принцип давно та широко використовується в різних галузях промисловості, однак в ремонтному виробництві він широкого втілення не знайшов.

Модульний принцип в роботі А.Л. Васильєва трактується, як особливість побудови технічних систем, що полягає в підпорядкуванні їх розмірів проектному модулю (модулям) та (чи) в забезпеченні можливості комплектації різноманітних складних нестандартних технічних систем з великою різницею характеристик із невеликої, економічно обґрунтованої кількості типів та типорозмірів однакових первинних (типових чи стандартних) загальних модуль-елементів. Сформульований модульний принцип систематично уточнюється. Так в роботі Б.М. Базрова дається наступне трактування модульного принципу в техніці: "Під модульним принципом будемо розуміти побудову різноманітних технічних систем з різноманітними характеристиками шляхом компоновки їх з типових модулів певною номенклатурою".

Доцільність широкого використання модульного принципу підтверджується не лише в теоретичних розробках, а й в практичній реалізації. На сьогоднішній день не можна уявити собі конструкції телерадіоапаратури, систем управління верстатів, що працюють за програмами, автомобілів та двигунів сучасних військових кораблів та ін. Останнім часом, модульний принцип знаходить реалізацію в різних гуманітарних науках та системах (наприклад: Болонська система освіти, системи автоматизованого проектування та ін.).

Названий прогресивний напрям реалізації модульного принципу, на наш погляд, один з основних способів підвищення ефективності ремонтного виробництва. Потрібно відмітити, що підвищення ефективності ремонтного виробництва на основі модульного принципу, буде лише в тому випадку, якщо він буде використовуватися у всіх ланках його організації та виконання робіт з ТО та РМ.

В самому загальному випадку функціональний модуль ремонтно-обслуговуючих робіт, можна записати як упорядкована множина елементів, що виконують закінчену конструктивно-технологічну функцію системи ТО та РМ, тобто:

$$M = (a_1, a_2, a_3 \dots a_i) \quad (1.1)$$

де (a_i) - впорядкована множина [3] конструктивно-технологічних ознак системи ТО та РМ, при цьому кожен елемент a_i можна записати у формі об'єднання упорядкованих підмножин:

$$a_i \in \bigcup_{j=1}^{j=k} (q_1, q_2, q_3 \dots q_j) \quad (1.2)$$

де q_j - блоки модулів структурно-конструктивних (блоки модулів керування, інформаційних, підготовки виконання робіт з ТО та РМ ремонтного обладнання та ін.).

Прикладом такого підходу до організації служби ТО та РМ може бути структура представлена на рисунку 1. Структура організації ТО та РМ, що пропонується, складається з 2-х основних частин. Перша частина, складається з блока інформаційних модулів, блоку модулів керування та блоку модулів технологічної підготовки виробництва, відображається в організаційно-технічну структуру. Основна перевага такої структури – забезпечення раціонального та комплексного функціонування всіх систем ТО та РМ на основі функціональних модулів. Друга частина структури (Рис.1) тримає в собі схематичне вирішення модульного проектування ГО. Практична реалізація модульного проектування ГО відображається (на основі математичних моделей) в заміну різноманітним доцільним конструкціям ГО на упорядковану множину конструктивних модулів. Невпорядкована множина блоків конструктивних модулів реалізується в реальну конструкцію ГО, а об'єднання виконавців технологічних операцій з ТО та РМ, в єдине ціле з модульними конструкціями ТО реалізується в множину блоків мобільних виконавчих модулів.

Підвищення ефективності ремонтного виробництва, на основі принципово нового підходу до проектування ГО, з універсальних конструкційних модулів, дозволяє конструювати множину різноманітних видів ГО, а організація ремонтної служби, по модульному принципу, реалізується в наступні переваги:

1. Оптимізація структури ТО та РМ дозволяє збільшувати мобільність ремонтної служби.
2. Зменшити витрати на ГО, у зв'язку зі заміною конкретних оригінальних конструкцій на прості за конструкцією модулі.
3. Підвищити рівень механізованих робіт.
4. Збільшити коефіцієнт завантаженості ГО.
5. Зменшити виробничі площі під ГО.

Список літератури: 1. Оборудование для ремонта автомобилей: Справочник / Григорченко П.С., Гуревич Ю.Д., Кац А.М.и др. под ред. М.М. Шахнеса. – 2 изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1978.-384с., ил., табл.

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ АНІЗОТРОПНИХ ПЛАСТИНОК ІЗ ЖОРСТКИМИ ВКЛЮЧЕННЯМИ ДОВІЛЬНОЇ ФОРМИ

Божидарнік В.В., Максимович О.В.(ЛДТУ, м. Луцьк, Україна)

A task about determination of the tense-deformed state of anizotropnih plates, that contain the hard inclusions of arbitrary form is considered. Untiing of task of theory of resiliency is conducted by means the methods of the integral evening and TFCV. Resulted examples of rozrahouncou resilient equilibrium of plates with the system of hard elliptic inclusions.

Розглядається задача про визначення напружено-деформованого стану анізотропної пластинки з жорсткими включеннями довільної конфігурації. Приймається, що пластинка перебуває під дією зусиль на нескінченності і зосереджених сил та відомі головний вектор і момент всіх сил, що прикладені до включень. Для розв'язування таких задач в [3] використано сумісно методи рядів та конформного відображення. В даній роботі побудовано числовий алгоритм розв'язання цієї задачі, який базується на методі інтегральних рівнянь.

Нехай пружна пластинка займає область D , що обмежена контурами $L_0, L_1, \dots, L_N$, які не перетинаються, причому ця область є внутрішньою відносно контуру L_0 . Приймається, що на границях пластинки задано переміщення або в отвори впаяно жорсткі включення і що пластинка перебуває під дією: зусиль на нескінченності (для пластинок нескінченних розмірів, коли контур L_0 відсутній); зосереджених сил (X_j, Y_j) , що прикладені в точках (a_j, b_j) $j=1, \dots, M$; сил і моментів, які прикладені до жорстких включень.

Розглянемо області D_1 і D_2 , що отримуються з області D в системі координат (x, y) за допомогою афінних перетворень $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$, де $x_j = x + a_j y, y_j = b_j y$ ($j=1, 2$), $s_j = a_j + i b_j$ – корені характеристичного рівняння [1, 2]. Позначимо граничні контури в областях D_1 і D_2 , що відповідають контурам L_j – через $L_j^{(1,2)}$ ($j=1, \dots, N$).

На основі [2] випливає, що в даному випадку комплексні потенціали Лехніцького $\Phi(z_1) = j'(z_1), \Psi(z_2) = y'(z_2)$ можуть бути зображені у вигляді:

$$\Phi(z_1) = \Phi_R(z_1) + \Phi_S(z_1), \quad \Psi(z_2) = \Psi_R(z_2) + \Psi_S(z_2), \quad (1)$$

де $\Phi_R(z_1), \Psi_R(z_2)$ – голоморфні функції в областях D_1, D_2 відповідно:

$$\Phi_S(z_1) = a \sum_{j=1}^M (p_1 X_j + q_1 Y_j) \frac{1}{z_1 - z_{1j}} + \Phi_\infty(z_1), \quad (2)$$

$$\Psi_S(z_2) = b \sum_{j=1}^M (p_2 X_j + q_2 Y_j) \frac{1}{z_2 - z_{2j}} + \Psi_\infty(z_2),$$

$$a = \frac{i}{2p\Delta_1}, \quad b = \frac{i}{2p\Delta_2}, \quad z_{kj} = a_j + s_k b_j, \quad \Delta_1 = a_{11} (s_1 - \bar{s}_1)(s_1 - s_2)(s_1 - \bar{s}_2),$$

$$\Delta_2 = a_{11} (s_2 - \bar{s}_1)(s_2 - s_1)(s_2 - \bar{s}_2).$$

Тут $\Phi_\infty(z_1), \Psi_\infty(z_2)$ – є комплексними потенціалами, які вводяться для нескінченної пластинки. Вони відповідають прикладеному на нескінченності навантаженню за умови, що пластинка є суцільна. Розподіл напружень на нескінченності визначається на основі розгляду задач про навантаження балок, що послаблені отворами, при їх розтязі,

чистому зсуві, згині і т.д. На основі цих напружень знаходять відповідні комплексні потенціали для суцільної пластинки. Ці потенціали мають вигляд:

$$\Phi_{\infty}(z_1) = \sum_{j=0}^K a_j z_1^j, \Psi_{\infty}(z_2) = \sum_{j=0}^K b_j z_2^j,$$

де a_j, b_j – відомі комплексні сталі. Зокрема, для випадку, коли пластинка розтягується зусиллями p , які діють під кутом α до осі Ox ці функції рівні:

$$\Phi_{\infty}(z_1) = B_* + iC_*, \Psi_{\infty}(z_2) = B_*' + iC_*',$$

де B_*, C_*, D_*, C_*' – сталі, вирази для яких наведені в [5]. В [3] отримано також ці функції для інших випадків навантаження. Зазначимо, що комплексні потенціали з індексом s визначають напружений стан нескінченної суцільної пластинки, який виникає тільки від дії зосереджених сил та прикладеного на нескінченності навантаження.

Поставлена задача зводиться до знаходження комплексних потенціалів $j(z_1), y(z_2)$, які на межі пластинки задовольняють умовам [3]:

$$2\operatorname{Re}[p_1 j(z_1) + p_2 y(z_2)] = g_1, 2\operatorname{Re}[q_1 j(z_1) + q_2 y(z_2)] = g_2, \quad (3)$$

де $p_j = a_{11}s_j^2 - a_{16}s_j + a_{12}, q_j = a_{12}s_j - a_{26} + a_{22}/s_j, j=1,2; g_1, g_2$ – задані компоненти вектора переміщення на межі пластини. Якщо в отвір, що обмежений контуром L_j , впа-
яно жорстке включення, то на його границі задано:

$$g_1 = C_j - t_j y, g_2 = D_j + t_j x,$$

де C_j, D_j, t_j – сталі, які визначаються із умови, що головний вектор та момент всіх сил, прикладених до цього включення, є відомими (рівні заданим).

Можна показати, що на будь-якому контурі, який належить пластинці справедливий представлення:

$$\Phi(z_1) = \frac{-g_2' + s_1 g_1' + p_1 X + q_1 Y}{\Delta_1 z_1'}, \Psi(z_2) = \frac{-g_2' + s_2 g_1' + p_2 X + q_2 Y}{\Delta_2 z_2'},$$

де (X, Y) – вектор напружень на площинці, паралельній до контуру в даній точці, $g_j' = dg_j/ds, z_j' = dz_j/ds, ds$ – диференціал дуги на кривій.

Тоді на межі жорсткого включення:

$$\Phi(z_1) = -\frac{t}{\Delta_1} + \frac{p_1 X + q_1 Y}{\Delta_1 z_1'}, \Psi(z_2) = -\frac{t}{\Delta_2} + \frac{p_2 X + q_2 Y}{\Delta_2 z_2'}. \quad (4)$$

Побудова інтегрального зображення розв'язку задачі. На основі теореми Коші [2, 5] отримаємо інтегральні зображення для комплексних потенціалів у вигляді:

$$\Phi(z_1) = \frac{1}{2\pi i} \int_{L^{(1)}} \frac{\Phi(t) dt}{t - z_1} + \Phi_s(z_1), \Psi(z_2) = \frac{1}{2\pi i} \int_{L^{(2)}} \frac{\Psi(t) dt}{t - z_2} + \Psi_s(z_2), \quad (5)$$

де $L^{(1)} = L_0^{(1)} + L_1^{(1)} + \dots + L_N^{(1)}, L^{(2)} = L_0^{(2)} + L_1^{(2)} + \dots + L_N^{(2)}$. Тут і далі за додатний напрям обходу контурів вибраний такий, при якому області $D_{1,2}$ залишаються зліва. Зазначимо, що інтегральні рівняння на основі теореми Коші для комплексних потенціалів побудовані М.І. Мусхелішвілі для ізотропних пластинок.

Позначимо

$$\frac{p_1 X + q_1 Y}{\Delta_1 z_1'} = Q. \quad (6)$$

Функцію Ψ на межі включення запишемо у вигляді:

$$\Psi(z_2) = -\frac{t}{\Delta_1} - \left[C_1 Q z_1' + C_2 \overline{Q z_1'} \right] \frac{1}{z_2}, \quad (7)$$

де C_1, C_2 - сталі, які визначимо з врахуванням представлення (4) з системи рівнянь:

$$\begin{cases} C_1 \frac{p_1}{\Delta_1} + C_2 \overline{\left(\frac{p_1}{\Delta_1} \right)} = -\frac{p_2}{\Delta_2}, \\ C_1 \frac{q_1}{\Delta_1} + C_2 \overline{\left(\frac{q_1}{\Delta_1} \right)} = -\frac{q_2}{\Delta_2}. \end{cases}$$

Звідси:

$$C_1 = \frac{\overline{p_1} q_2 - \overline{q_1} p_2}{q_1 p_1 - \overline{p_1} q_1} \frac{\Delta_1}{\Delta_2}, \quad C_2 = \frac{p_2 q_1 - q_2 p_1}{q_1 p_1 - \overline{p_1} q_1} \frac{\Delta_1}{\Delta_2}.$$

Тоді з (5) отримаємо представлення розв'язку

$$\Phi(z_1) = \frac{1}{2\pi i} \int_{L^{(1)}} \frac{Q(t_1) dt_1}{t_1 - z_1} + \Phi_s(z_1), \quad \Psi(z_2) = -\frac{1}{2\pi i} \left[C_1 \int_{L^{(2)}} \frac{Q(t_1) dt_1}{t_2 - z_2} + C_2 \int_{L^{(2)}} \frac{\overline{Q(t_1)} d\overline{t_1}}{t_2 - z_2} \right] + \Psi_s(z_2). \quad (8)$$

Комплексні потенціали задовольняють додаткові умови, які забезпечують однозначність переміщень [2]:

$$\int_{L_j^{(1)}} Q(t) dt = -2\pi i a (p_1 X_j + q_1 Y_j), \quad j=0, \dots, N. \quad (9)$$

де X_j, Y_j – проекції головного вектора всіх сил, що прикладені до контуру L_j .

Для знаходження функції Q , через яку записаний загальний розв'язок задачі, використаємо формулу для визначення похідних за дуговою координатою від вектора переміщень на довільній кривій $\Gamma \hat{I} D$ [1]

$$\begin{aligned} u' + iv' = & (p_1 + iq_1) z_1' \Phi(z_1) + (\overline{p_1} + i\overline{q_1}) \overline{z_1'} \overline{\Phi(z_1)} + \\ & + (p_2 + iq_2) z_2' \Psi(z_2) + (\overline{p_2} + i\overline{q_2}) \overline{z_2'} \overline{\Psi(z_2)}, \end{aligned} \quad (10)$$

де $z_j' = dz_j / ds$, ds – диференціал дуги на кривій Γ . Підставивши в (10) потенціали (8) і перейшовши до границі $(x, y) \rightarrow L$, після врахування умов Племеля-Сохоцького отримаємо граничні інтегральні рівняння для знаходження функції Q у вигляді

$$\begin{aligned} 0.5(g_1' + ig_2') = & (p_1 + iq_1) z_1' \Phi(z_1) + (\overline{p_1} + i\overline{q_1}) \overline{z_1'} \overline{\Phi(z_1)} + \\ & + (p_2 + iq_2) z_2' \Psi(z_2) + (\overline{p_2} + i\overline{q_2}) \overline{z_2'} \overline{\Psi(z_2)}, \end{aligned} \quad (11)$$

де $(x, y) \in L$, $L = L_0 + \dots + L_N$, причому тут в комплексних потенціалах, що визначаються формулами (8), інтеграли Коші розглядаються в сенсі головного значення. При розгляді жорстких включень на межі j – ого включення $g_1' + ig_2' = it_j d(x + iy) / ds$, де сталі t_j визначаються з умови, що прикладений до включення момент рівний заданому.

Тотожності, яким задовольняє побудований розв'язок. Покажемо, що комплексні потенціали, через які записаний розв'язок, автоматично задовольняють деяким умовам. Для цього перепишемо формулу (10) після підстановки в неї зображень (8) у вигляді $R_\Gamma(Q, M) = 0$, де

$$\begin{aligned} R_\Gamma(Q, M) = & (u_1' + iu_2') - [(p_1 + iq_1) z_1' \Phi(z_1) + (\overline{p_1} + i\overline{q_1}) \overline{z_1'} \overline{\Phi(z_1)} + \\ & + (p_2 + iq_2) z_2' \Psi(z_2) + (\overline{p_2} + i\overline{q_2}) \overline{z_2'} \overline{\Psi(z_2)}] . \end{aligned}$$

Тут всі величини визначені на контурі Γ , що належить області D ; $M(x, y) \in \Gamma$. Покажемо, що у випадку, коли комплексні потенціали визначені за формулами (8) задово-

ляють умови (9), то умова

$$\int_{L_j} R_{\Gamma}(Q, M) ds = 0, \quad (12)$$

задовольняються тотожно при $j=0, \dots, N$.

Для доведення цієї формули зауважимо, що при виконанні умови (9) переміщення, що визначаються потенціалами (8), є однозначними функціями при повному обході вздовж замкненого контуру. Тому однозначними при такому обході будуть і ліві частини в співвідношеннях (3). Звідси випливає, що справедливі рівності:

$$2 \operatorname{Re} \left[p_1 \int_{\Gamma} \Phi(z_1) dz_1 + p_2 \int_{\Gamma} \Psi(z_2) dz_2 \right] = 0; \quad 2 \operatorname{Re} \left[q_1 \int_{\Gamma} \Phi(z_1) dz_1 + q_2 \int_{\Gamma} \Psi(z_2) dz_2 \right] = 0.$$

Враховуючи, що $\int_{\Gamma} (u_1' + i u_2') ds = 0$, то звідси випливає тотожність (12).

Числовий алгоритм розв'язування інтегральних рівнянь. У вирази для комплексних потенціалів для довільних внутрішніх точок та в інтегральні рівняння входять інтеграли вигляду:

$$A = \int_{\Gamma} F(t_1, t_2) dt_1, \quad B(z_1) = \int_{\Gamma} \frac{F(t_1, t_2)}{t_1 - z_1} dt_1, \quad C(z_2) = \int_{\Gamma} \frac{F(t_1, t_2)}{t_2 - z_2} dt_2, \quad (13)$$

де Γ - гладкий контур, ds - диференціал дуги на контурі Γ , F - задана функція. Інтеграли B і C розглядаються в сенсі головного значення. Будемо розглядати випадок, коли контур інтегрування заданий параметрично у вигляді $x = f_1(q)$, $y = f_2(q)$, $0 \leq q \leq 2p$. Функції B і C будемо знаходити в точках $x = f_1(g)$, $y = f_2(g)$, $0 \leq g \leq 2p$.

Для обчислення інтегралу A використаємо формулу прямокутників, яку запишемо у вигляді [2]:

$$A = h \sum_{n=1}^N F(t_{1n}, t_{2n}) w_{1n}', \quad (14)$$

де $h = \frac{2p}{N}$, $t_{jn} = w_j(q_n)$, $q_n = hn$, $w_{jn}' = w_j'(q_n)$, N - вибрана кількість вузлових точок, $w_j(q) = f_1(q) + s_j f_2(q)$, $j = 1, 2$. Для функцій, які мають перші $2N-1$ неперервних і періодичних похідних формула прямокутників належить до квадратурних формул типу Гауса. Тому, у випадку, коли підінтегральні функції і функції, які описують рівняння контуру мають неперервні і періодичні похідні $2N-1$ порядку, то формула (14) буде підвищеної точності.

Для другого та третього інтегралів в (13) справедливі формули [2]:

$$B(z_{1m}) = h \sum_{k=1}^N \frac{F(t_{1k}, t_{2k}) w_{1k}'}{t_{1k} - z_{1m}}, \quad C(z_{2m}) = h \sum_{k=1}^N \frac{F(t_{1k}, t_{2k}) w_{2k}'}{t_{2k} - z_{2m}}, \quad (15)$$

де $z_{jm} = w_j(g_m)$, $j = 1, 2$, $g_m = q_m + p/N$, $m = 1, \dots, N$. Зазначимо, що значення z_{1m}, z_{2m} відповідають одному і тому ж значенню параметра $g = g_m$.

З огляду на наведені квадратурні формули систему рівнянь (11) будемо розв'язувати методом коллокацій, вимагаючи щоби ці рівняння задовольнялись в точках $z_{jm} = w_j(g_m)$, $m = 1, \dots, N$. Тоді отримаємо систему рівнянь вигляду:

$$0.5itw_0'(g_m) = (p_1 + iq_1)w_{1m}'\Phi(z_{1m}) + (\bar{p}_1 + i\bar{q}_1)\overline{w_{1m}'\Phi(z_{1m})} + \\ + (p_2 + iq_2)w_{2m}'\Psi(z_{2m}) + (\bar{p}_2 + i\bar{q}_2)\overline{w_{2m}'\Psi(z_{2m})}, \quad m=1, \dots, N, \quad (16)$$

де $w_0'(g) = f_1'(g) + if_2'(g)$.

Підставимо в ці рівняння потенціали, які знайдемо на основі співвідношень (8) та квадратурних формул (15):

$$\Phi(z_{1m}) = \sum_{k=1}^N \frac{S_k}{t_{1k} - z_{1m}} + \Phi_s(z_{1m}), \quad \Psi(z_{2m}) = \sum_{k=1}^N \frac{-C_1 S_k + C_2 \bar{S}_k}{t_{2k} - z_{2m}} + \Psi_s(z_{2m}),$$

де $S_k = \frac{h}{2pi} Q_k w_{1k}'$, $Q_k = Q(t_{1k})$. Таким чином отримуємо лінійну систему рівнянь відносно значень S_k , $k=1, \dots, N$ та t , яку тут не виписуємо.

Замінімо в тотожності інтеграл квадратурною формулою (14) та перейдемо після цього до границі $\Gamma \rightarrow L$. Легко бачити, що ця формула може бути отримана шляхом додавання домножених на коефіцієнти квадратурної формули рівнянь (8). Звідси випливає, що система рівнянь (16) є лінійно залежною. Тому вилучаємо з цієї системи одно з рівнянь і заміняємо його дискретним аналогом рівняння однозначності переміщень (9):

$$\sum_{n=1}^N S_n = -a(p_1 X_L + q_1 Y_L). \quad (17)$$

Додаткове рівняння для визначення сталої t (що визначає поворот включення як жорсткого цілого) отримаємо з умови, що момент всіх сил, прикладених до шайби рівний M_L :

$$\operatorname{Re} \left\{ i \sum_{n=1}^N t_{1n} S_n + i \sum_{n=1}^N t_{2n} (-C_1 S_n + C_2 \bar{S}_n) \right\} = -M_L / 4p. \quad (18)$$

Тут враховано, що момент визначається за формулою [1]:

$$M = -2 \operatorname{Re} \int_L [z_1 \Phi(z_1) dz_1 + z_2 \Psi(z_2) dz_2].$$

Таким чином отримали замкнену систему рівнянь для визначення введених невідомих коефіцієнтів S_n , $n=1, \dots, N$ та кута повороту t . Після знаходження цих коефіцієнтів можуть бути знайдені за допомогою квадратурних формул комплексні потенціали в довільних внутрішніх точках пластинки, на основі яких далі визначаються напруження. На границі пластинки напруження визначаються безпосередньо, оскільки тут комплексні потенціали визначаються через функцію S . Зазначимо, що виписана вище система алгебраїчних рівнянь стосується одного включення. Випадок кількох включень розглядається аналогічно.

На основі викладених співвідношень розроблені програми для ЕОМ, які дозволяють проводити розрахунки НДС в багатозв'язних анізотропних пластинках при заданих на границі переміщеннях. Як приклад, проведено розрахунки для нескінченної пластинки з жорсткими включеннями, що виготовлена з СВМ, для якої: $s_1=1,89i$, $s_2=0,531i$, $p_1=-1,07004 \cdot 10^{-5}$, $p_2=-0,119187 \cdot 10^{-5}$, $q_1=-0,225486 \cdot 10^{-5}i$, $q_2=-0,568983 \cdot 10^{-5}i$. Приймалось: головний вектор та момент, що прикладені до кожного з включень рівні нулю; пластинка розтягується на нескінченності зусиллями p вздовж осі Ox або зусиллями q вздовж осі Oy ; пластинка має одно, два або періодичну систему еліптичних включень з півосями a і b , які паралельні осям Ox і Oy відповідно. Порівняння результатів розрахунків для випадку одного включення з аналітичним розв'язком вказують

на високу точність використаного методу механічних квадратур, який ґрунтується на квадратурних формулах типу Гауса. Зокрема, при $b=0,5a$ для обчислення напружень з точністю до 1% виявилось достатньо обмежитись тільки 12 вузловими точками (без врахування симетрії задачі).

Розглянуто пластинку з двома однаковими еліптичними включеннями при $b=0,5a$, що розміщені на осі Ox при відстані між включеннями рівній a . В таблиці 1 в третьому стовпчику наведено результати розрахунку напружень на границі включення, які діють на площинках, що нормальні до границі. Для порівняння в другому стовпчику наведені результати розрахунків в другому наближенні із роботи [4]. В таблиці 2 наведено дані розрахунку напружень в точках границі в пластинці, в якій жорсткі еліптичні включення розміщені вздовж осі Ox з періодом $l=3a$. Для порівняння тут наведено також напруження, які знайдені в роботі [4] іншим способом. В таблиці 3 наведено результати розрахунків нормальних напружень при різних значеннях періоду.

Таблиця 1. Напруження в пластинці з двома еліптичними жорсткими включеннями.

θ	σ_n/p , [4]	σ_n/p	σ_n/q , [4]	σ_n/q
0	2.09	2.063	0.02	0.024
15	1.67	1.638	0.28	0.287
30	1.01	0.974	0.68	0.697
45	0.58	0.536	0.94	0.966
60	0.34	0.298	1.08	1.109
75	0.21	0.174	1.15	1.178
90	0.14	0.135	1.20	1.196
105	0.13	0.156	1.16	1.173
120	0.21	0.257	1.09	1.099
135	0.45	0.496	0.94	0.948
150	0.98	1.006	0.67	0.666
165	1.84	1.882	0.24	0.228
180	2.41	2.482	-0.04	-0.056

Таблиця 2. Відносні напруження в точках границі пластинки, в якій жорсткі еліптичні включення розміщені вздовж осі Ox з періодом $l=3a$.

θ	σ_n/p , [4]	σ_n/p	σ_n/q , [4]	σ_n/q
0	3.30	3.316	-0.20	-0.197
15	2.50	2.502	0.12	0.116
30	1.32	1.311	0.60	0.595
45	0.62	0.619	0.90	0.899
60	0.29	0.294	1.06	1.058
75	0.15	0.153	1.13	1.134
90	0.11	0.141	1.16	1.157

Таблиця 3. Відносні напруження в пластинці з періодичною системою жорстких еліптичних включень.

θ	l/a		
	3	2,5	2,25
0	3.316	5,165	9,037
30	1.311	1,655	2,077
60	0.294	0,303	0,313
90	0.141	0,108	0,107

Висновок. На основі наведених в таблицях даних видно, що розроблений алгоритм дозволяє проводити розрахунок пружної рівноваги широкого класу анізотропних пластинок з жорсткими включеннями. Нормальні напруження біля жорстких включень значно переважають за величиною тангенціальні напруження. При зменшенні відстані між включеннями напруження істотно зростають.

Список літератури: 1. Божидарник В.В. Двовимірні задачі теорії пружності і термопружності структурно-неоднорідних тіл.-Львів:Світ,1998.- 352 с. 2. Божидарник В.В., Максимович О.В. Пружна та гранична рівновага анізотропних пластинок з отворами і тріщинами. –Луцьк, 2003.–226 с. 3. Космодамианский А.С.Напряженное состояние анизотропных сред с отверстиями или полостями.-Киев-Донецк:Вища школа,1976.-200 с. 4. Космодамианский А.С., Меглинский В.В. Растяжение анизотропной пластинки с эллиптическими отверстиями, подкрепленными жесткими кольцами // Некоторые задачи теории упругости о концентрации напряжений, равновесии и колебаниях упругих тел. –Изд.-во Саратов. ун-та, -1964. -С. 61–69. 5. Савин Г.Н. Распределение напряжений около отверстий. – К.: Наук. думка, 1968. – 888 с.

СОВМЕСТНАЯ ДОВОДКА ДЕТАЛЕЙ ПРИ СБОРКЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ИЗ УЗЛОВ

Болдарь Л.Н. (ЛНАУ, г. Луганск, Украина)

It is brought new concept and particularities to technologies of the joint wear-in of the details of the main interfacing, executed at assembly of the repaired engines. It is offered to give in clearances of the interfacing electrolytes and miss alternating current.

Новая концепция. Как известно, при сборке д.в.с. в корпусных деталях образуются большие напряжения, которые искажают форму гильз цилиндров, поршневых колец, вкладышей подшипников скольжения коленчатого вала и других деталей [1,2]. Их уравнивание происходит через десятки и сотни часов работы двигателей в эксплуатации, в результате т.н. макроприработки деталей [3,4].

В связи с этим, предлагается начинать процесс макроприработки или формирования начального контакта между деталями основных сопряжений, при сборке двигателей из узлов [5,6]. Для этого в зазоры подшипников скольжения коленчатого вала подается электролит I, а к деталям ЦПГ – электролит II. Электролиты состоят из смеси водного раствора NaCl (I) и NaNO₂ (II) с глицерином в объемном соотношении 1:4. При небольшой скорости вращения вала через детали пропускается переменный электрический ток.

Макроприработка (МП) или совместная доводка (СД) или деталей достигается не за счет упрочнения материалов и усиления абразивного износа поверхностей, а за счет их разупрочнения, облегчения электрофизического съема и электрохимического растворения наиболее близко расположенных участков сопряженных поверхностей [7]. Под действием тока также происходит уравнивание напряженно-деформированного состояния (НДС) деталей [8].

Особенности технологического процесса. При реализации нового способа совместной доводки последовательность выполнения операций типовых технологических процессов сборки двигателей [9,10] существенно изменяется (рис. 1).

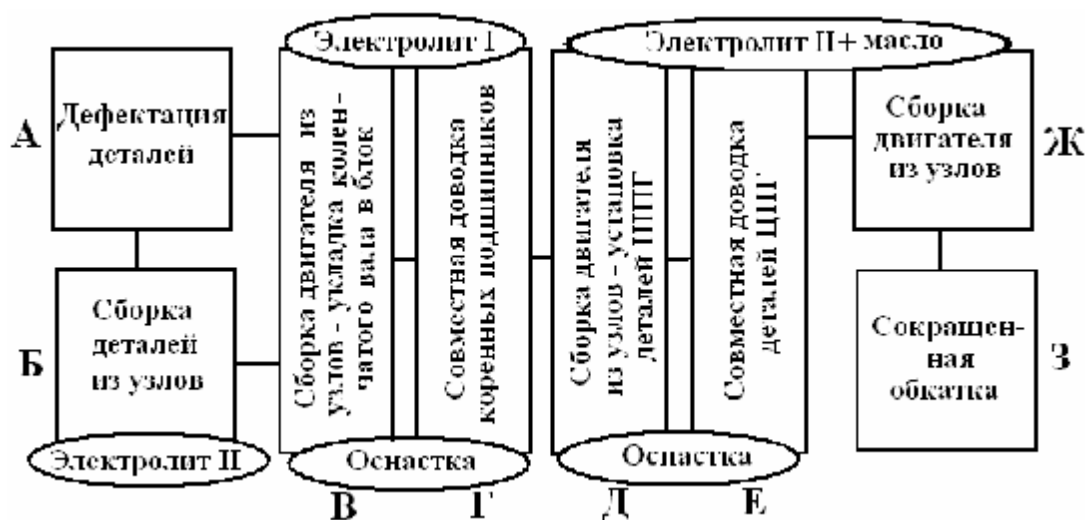


Рис. 1. Последовательность сборки и СД коренных подшипников скольжения коленчатого вала и деталей ЦПГ

На этапе А, обращается внимание на характер шероховатости зеркала гильз цилиндров и рабочих поверхностей поршневых колец [11]. Предпочтительными являются – хонингованная поверхность зеркала ($R_{\max}$ 1-5 мкм) и точечная пористость поверхности гальванического хрома ($R_{\max}$ 5-10 мкм). На рабочих поверхностях колец и вкладышей подшипников скольжения не допускается наличие третьих приработочных слоев (полуды, сульфидов, оксидов и т.п.).

На этапе Б, для смазки втулки верхней головки шатуна используется моторное масло, а при установке поршневых колец в канавки поршня – электролит II. Во избежание усиленного износа канавок поршней и поршневых колец, предусматривается не только продувать канавки сжатым воздухом от остатков абразивной пыли, но также тщательно протирать тканью ХБ.

На этапе В, вкладыши коренных подшипников и шейки коленчатого вала смазываются электролитом I. В крышку 3-й или 5-й коренной опоры (в зависимости от типа двигателя) устанавливаются технологические токонепроводящие упорные полукольца 9 (рис.2).

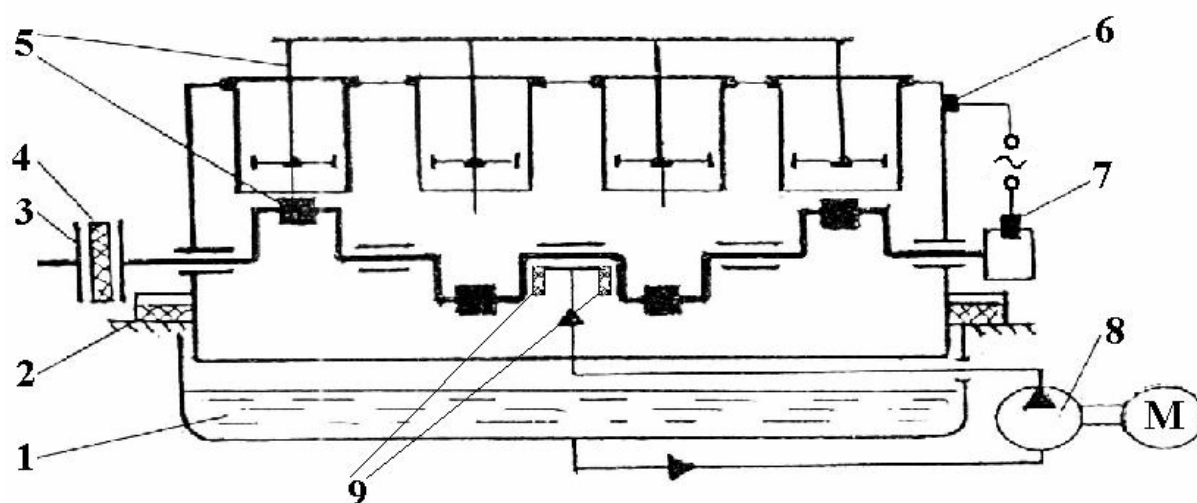


Рис.2. Схема размещения блока цилиндров на стенде для СД коренных подшипников:

1- электролит I; 2,4 – токонепроводящие элементы; 3– привод; 5 – заглушки;
6,7 – токоподводы; 8 – насосная установка; 9 – токонепроводящие полукольца

На этапе Г, блок-картер с коленчатым валом устанавливается на стенд для СД. На стенде к двигателю подключается оснастка, предохраняющая электролит от разбрызгивания.

СД коренных подшипников проводятся в такой последовательности: 1) в зазоры, под давлением 01,-0,3 МПа подается электролит I; 2) коленчатый вал приводится во вращение с частотой 600 мин⁻¹; 3) включается источник переменного тока. Сила тока, рабочее напряжение и продолжительность доводки зависит от характера контакта шеек вала с вкладышами (табл. 1).

Таблица 1 . Режим совместной доводки коренных подшипников

Характер контакта по- верхностей	Ре- жим	Про- дол- жит., с	Токовые параметры				Резуль- тат
			начальные		конечные		
			ток, А	напря- жение, В	ток, А	напря- жение, В	
касания нет	I	60	0,2	4,5	0,2	4,5	удовлетворит.
касание есть	II	120	400	1,5	0,2	4,5	допустимый

Если после 120 с доводки сопряжения не выходят на режим I, т. е. шейки вала и вкладыши не разделяются слоем электролита (между ними есть касание, см. табл. 1), то двигатель необходимо вернуть на этап А (см. рис.1).

После доводки коренных подшипников, от двигателя отключается вся оснастка. На крышке коренной опоры токонепроводящие упорные полукольца 9 (см. рис. 2) заменяются на штатные полукольца.

На этапе Д, перед установкой деталей ШПГ, зеркало гильз цилиндров и поршневые кольца смазываются электролитом II, а шейки коленчатого вала и вкладыши шатунных подшипников – моторным маслом. В картер двигателя заливается моторное масло, после чего он перемещается на рабочее место для СД деталей ЦПГ.

На этапе **Е**, в надпоршневое пространство гильз цилиндров заливается электролит II и устанавливается обечайка 3 (рис. 3), предохраняющая электролит от разбрызгивания при движении поршней.

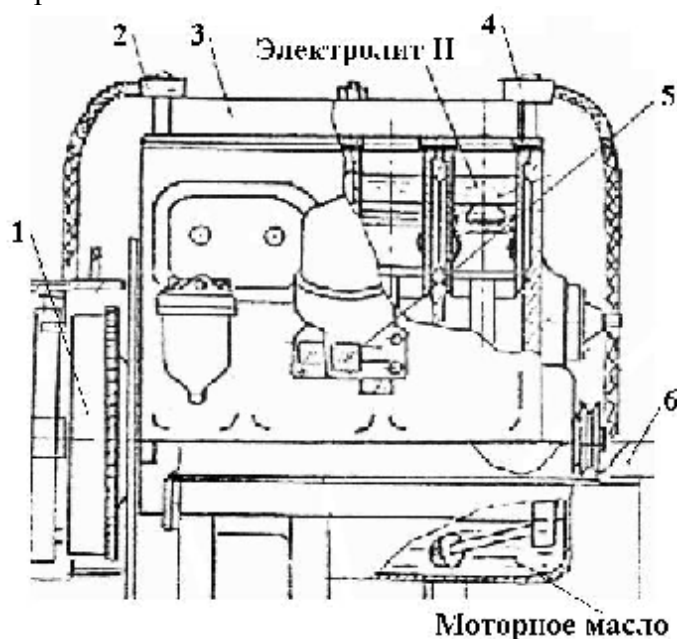


Рис. 3. Схема размещения двигателя на стенде для доводки деталей ЦПГ: 1 – маховик;

2, 4 – токоподводы; 3 – обечайка; 5 – заглушка; 6 – сменная рамка стенда

К маховику 1 подключается механизм привода коленчатого вала с частотой 120 мин^{-1} . Электрический ток к деталям ЦПГ подается с торцевых сторон блока или через противоположные шпильки крепления клапанной головки (см. токоподводы 2, 4).

Доводка деталей ЦПГ проводится в такой последовательности: 1) на блок подается электрический ток силой 400 А (для 4-х цилиндрового двигателя) и 600 А для двигателя СМД-62/64; 2) включается привод вала во вращение; 3) процесс длится от 3-х до 7-ми мин, в зависимости от состояния деталей [11].

После доводки деталей ЦПГ, оставшийся в надпоршневом пространстве электролит, удаляются с помощью специального устройства.

На этапе **Ж**, сборка выполняется в соответствии с типовым процессом.

На этапе **З**, проводится сокращенная обкатка двигателей (табл. 2).

Таблица 2 – Режимы обкатки двигателей после СД деталей

Тип двигателя	Продолжительность , мин			
	холодная обкатка	холостой ход	под нагрузкой	всего
Д-240 и его модификации	5	10	30	45
СМД-14НГ и его модификации	5	10	60	75
СМД-62/64 (V-образн. двиг.)	5	10	40	55

Результаты испытаний технологии. В результате совместной доводки по всей поверхности шеек коленчатого вала и вкладышей подшипников формируются маслосъемные микрорельефы, которые при обкатке становятся плосковершинными [12]. Между поршневыми кольцами и гильзами существенно улучшается прилегаемость. При этом пористость рабочей поверхности покрытия 1-х компрессионных колец полностью сохраняется, а на зеркале гильз цилиндров формируются, как пористые, так и плосковершинные микрорельефы [13].

Таким образом, можно заключить, что в результате совместной доводки деталей, выполняемой во время сборки двигателей из узлов, улучшается шероховатость контактирующих поверхностей и уменьшаются их массогеометрические искажения – как исходные, так и полученные при сборке.

Список литературы: 1. Погорелый И.П. Обкатка и испытание тракторных и автомобильных двигателей. – М.: Колос, 1972. – 208 с. 2. Болдарь Л.Н., Гнилицкий Н.Н. Особенности использования технологии ЭХМП(Д) деталей при ремонте двигателей / 36. наук. праць ЛНАУ. Серія: «Технічні науки». – Луганськ: ЛНАУ, № 31 (43), 2003. – С.43-48. 3. Шаронов Г.П. Применение присадок к маслам для ускорения приработки двигателей. – М.-Л.: Химия, 1965. – 223 с. 4. Eckhardt, Homer D. Kinematic Design of Machines and Mechanisms. – New York: Te Graw, 1998. – 621 p. 5. Болдарь Л.Н. Разработка технологии ЭХМП основных сопряжений автотракторных двигателей при их ремонте: Дис. канд. техн. наук; 05.20.03. – Кишинев, 1985. – 290 с. 6. Патент 1811449, СССР; МКИ G 01M 15/00. Способ электрохимико-механической приработки деталей ЦПГ / В.П. Алексеев, Л.Н. Болдарь. – №4927110/08. Заявл. 12.04.91. Опубл. 23.04.93. Бюл. № 15. – 8 с. 7. Болдарь Л.Н. Основовопологающие принципы электрохимико-механический приработки (доводки) деталей основных сопряжений отремонтированных автотракторных двигателей / 36. наук. праць ЛНАУ. Серія: «Технічні науки». – Луганськ: ЛНАУ, 2006. 8. Болдарь Л.Н. Макроприработка деталей ЦПГ отремонтированных двигателей СМД62/64 / 36. наук. праць ЛНАУ. Серія: «Технічні науки». – Луганськ: ЛНАУ, № 49 (72), 2005. – С. 51-58. 9. Дизели Д-240, Д-240Л и их модификации. Технические требования на капитальный ремонт. ТК 70.-0001.081-81.- М.: ГОСНИТИ. – 1982. – 41 с. 10. Дизели тракторные СМД-14НГ, СМД-14АН, СМД-15Н, СМД-17Н, СМД-18Н. Технические требования на капитальный ремонт. ТК 10.-05.0001.018.87.-М.: ГОСНИТИ. – 1989. – 126 с. 11. Болдарь Л.Н. Приработка деталей отремонтированных автотракторных двигателей. Макроприработка / Сб. докл. Международной конф. ОТТОМ-6, ч.2.- Харьков: 2005. – С.298-301. 12. Болдарь Л.Н. Приработка деталей отремонтированных автотракторных двигателей. Создание условий для структурной приспособляемости материалов и среды / Сб. докл. Международной конф. ОТТОМ-7, ч.1.- Харьков: 2006. – С.288-296. 13. Розробка технології прискореної обкатки тракторних двигунів з використанням ЕХМП основних з'єднань / Звіт по НДР, Луганськ: ЛСГІ, 1994. – 97 с.

РЕАЛІЗАЦІЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ДЛЯ БАГАТОПОМПУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ДПВЗ

Борисенко В.П., Григор'єв С.В., Овсянніков В.П., Головін О.В.
(ДонНТУ, НПФ „МІДІЕЛ”, м. Донецьк, Україна)

The questions of realization the stable exit pressure of the pump station by the means of electric drive are considered in this article.

Протягом останніх кількох років система водопостачання технологічного процесу ДПВЗ привертала до себе увагу через те, що мали місце значні коливання тиску на вході помпувальної станції. Регулювання продуктивності здійснювалось за рахунок „дроселювання” - мав місце „чоловічий фактор” - що також призводило до різних змін тиску, а в деяких випадках - і до пориву трубопроводу.

Приклад зміни тиску на виході станції за добу приведено на рис. 1.

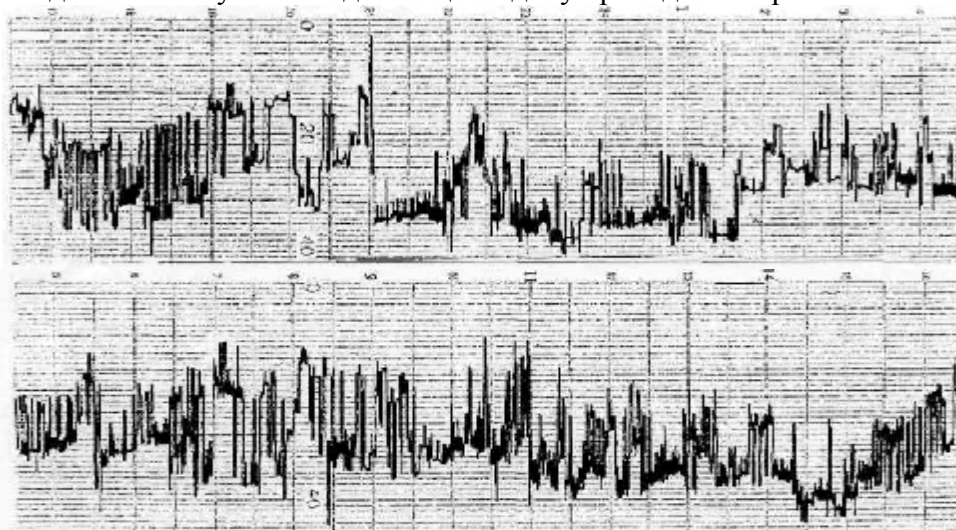


Рис. 1. Тиск на виході помпу вальної станції при нерегульованих електроприводах за добу

Як ми бачимо, найбільш „провальним” є час з 19-ої до 21 години, коли тиск суттєво падає за рахунок збільшення водопостачання, а обслуговуючий персонал ще не реагує на це. Тільки о 21^й годині була ввімкнена ще одна помпувальна група, яка дала змогу відновити тиск на бажаному рівні.

Аналізуючи характер водоспоживання за тривалий період (рік), нами були розроблені алгоритми керування помпувальними установками з умовою переходу на систему електроприводу - перетворювач частоти - асинхронний двигун (ПЧ-АД).

Результати річної експлуатації помпувальної станції, обладнаною системами ПЧ –АД з урахуванням алгоритмів функціонування, свідчать про те, що при значних коливаннях тиску на вході станції (рівень водозабору) вихідний тиск підтримується на заданому рівні. (рис.2). У верхній частині рис.2 коливання вихідного тиску не перевищують кількох процентів. Нижня частина рис.2 є показова, тому що під час різкого збільшення водоспоживання і падіння тиску на вході автоматично на короткий період було введено у дію третій помпувальний пристрій (pump3). Після стабілізації тиску на виході третій насосний агрегат відключився автоматично.

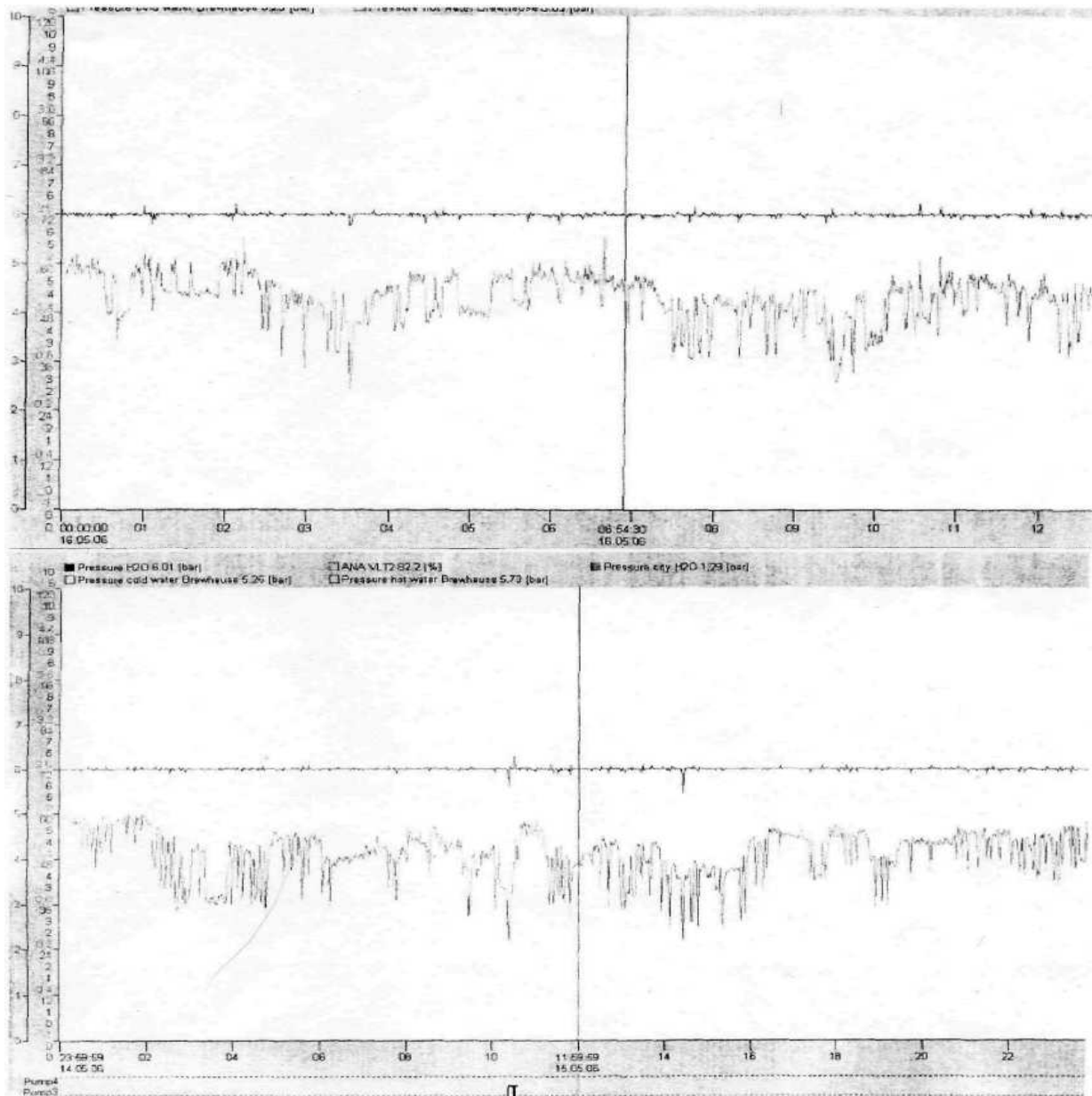


Рис. 2 - Стабілізований тиск на виході станції при змінному тиску на вході для взаємозв'язаних систем приводу насосів (ПЧ - АД1, ПЧ - АД2...)

Робота станції в автоматичному режимі з підтриманням тиску на виході сприяла покращенню ходу технологічного процесу на ДПВЗ, підвищенню його ефективності, скороченню тривалості технологічних простоїв, відсутності поривів трубопроводу, скороченню чисельності обслуговуючого персоналу.

Список літератури : 1. Лезнов Б.С. Экономия электроэнергии в насосных установках. -М.: Энергоатомиздат, 1991, - 144 с. 2. Гейер В.Г., Тимошенко Г.М. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки. М.: Недра, 1987, - 270 с. 3. Фокс Д.А. Гидравлический анализ неустановившегося течения в трубопроводах. Пер. с англ. - М.: Энергоиздат, 1981, - 248 с. 4. Борисенко В.Ф., Кац А.Б., Пименов Г.А., Годецкий М.Н., Поклад И.И. К переходу на ресурсосберегающую систему электропривода в групповых насосных установках. Прогрессивные технологии и системы машиностроения : Междун. сб. научных трудов. -Донецк :

ДонГТУ, 2001, вып. 16 - с57 - 61. 5. Борисенко В.П., Поклад І.І., Григор'єв С.В., Кац О.Б., Піменов Г.О., Годецький М.М.. Режим роботи групової насосної станції з урахуванням коефіцієнту корисної дії та основних гідравлічних параметрів. // Взрывозащищенное электрооборудование : Сб. научн. тр. УкрНИИВЭ. - Донецк : Юго - Восток , 2003 - с161 - 165. 6. Борисенко В.П., Поклад І.І., Григор'єв С.В., Кац О.Б., Піменов Г.О., Годецький М.М.. Дослідження динаміки групової насосної станції з електроприводами по системі перетворювач частоти -асинхронний двигун з метою стабілізації вихідного тиску. Машиностроение и техносфера XXI века // Сб. трудов междун. НТК в г. Севастополе 8-14 сентября 2003г. В 4 - х томах. - Донецк : ДонНТУ, 2003.Т.І. - сЮ8 - 113. 7. Борисенко В.П., Овсянніков В.П., Поклад І.І., Григор'єв С.В., Кац О.Б., Піменов Г.О., Годецький М.М.. Динаміка електромеханічної системи „перетворювач частоти - асинхронний двигун з к. з. ротором - насос з обліком нестационарної течії в трубопроводі". Машиностроение и техносфера XXI века // Сб. трудов междун. НТК в г. Севастополе 8-14 сентября 2003г. В 4 - х томах. - Донецк : ДонНТУ, 2003.Т.І. - с100 - 108.

СТАБІЛІЗАЦІЯ ТИСКУ В ДИКТУЮЧІЙ ТОЧЦІ ПІСЛЯ ВИНИКНЕННЯ ГІДРО-УДАРУ ЗАСОБАМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Борисенко В.П., Григор'єв С.В., Овсянніков В.П., Головін О.В.
(ДонНТУ, НПФ „МІДІЕЛ", м. Донецьк, Україна)

In this article the problems of stabilization of pressure in the dictating point of the pipe line are considered.

У дослідженнях виконаних для короткого трубопроводу ($L = 100\text{м}$), з урахуванням електромагнітних явищ у приводному асинхронному двигуні, ККД помпувального агрегату та нестационарної течії в трубопроводі було отримано, що в разі виникнення гідродудару електропривод на встигає швидко зменшити частоту обертання, а з нею і продуктивність помпи [7]. Було констатовано, що час руху хвилі по трубопроводу значно менше електромеханічної сталої системи.

Щоб мати певну можливість стабілізувати тиск в диктуючій точці на кінці трубопроводу, було вибрано трубопровід завдовжки $L = 500\text{ м}$. Метод розрахунку тиску та розходу залишається таким , як і в [1], але шаг Δt інтегрування вибирається значно меншим - $\Delta t = 0,0008\text{ с}$, що суттєво підвищує точність розрахунку гідравлічного та електромеханічного перехідного процесів. Шлях хвилі за цей час - $\Delta x = c^* \Delta t \rightarrow 1\text{м}$.

Для спрощення розрахунків розглянемо у роботі один помпувальний агрегат. Модель системи для цього випадку приведена на рис. 1.

У якості диктуючої точки вибираємо точку у кінці трубопроводу, де фіксується тиск p_k . У той же час контролюємо тиск посередині p_2 і на початку трубопроводу (p_1). Точка на початку трубопроводу є одночасно і вихідною точкою помпувального агрегату.

Спрощена узагальнена структурно - функціональна схема автоматичної стабілізації тиску в кінцевій диктуючій точці (p_k) має наступний вигляд, рис.2.

На цьому рисунку прийняті наступні позначення : РТ - регулятор тиску; ЗІ - задатчик інтенсивності; ЗП - задаючий пристрій; ПЧ - перетворювач частоти; АД - приводний асинхронний двигун насоса; Н - насос; Тр - трубопровід; ДТ - датчик тиску; Pk_3 - задана величина тиску; U_{3w} - напруга завдання на швидкість двигуна; $U_{3И}$ - вихідна напруга датчика інтенсивності; U_{YU} - напруга управління амплітудою вихідної напруги

ПЧ; U_{yw} - напруга управління частотою вихідної напруги ПЧ; U_{S3} , ω_{S3} - задані амплітуда і кутова частота напруги статора АД; ω - частота обертання ротора АД; M_C - момент опору на валу АД; P_1, P_k - дійсні значення тиску на початку і в кінці трубопроводу.

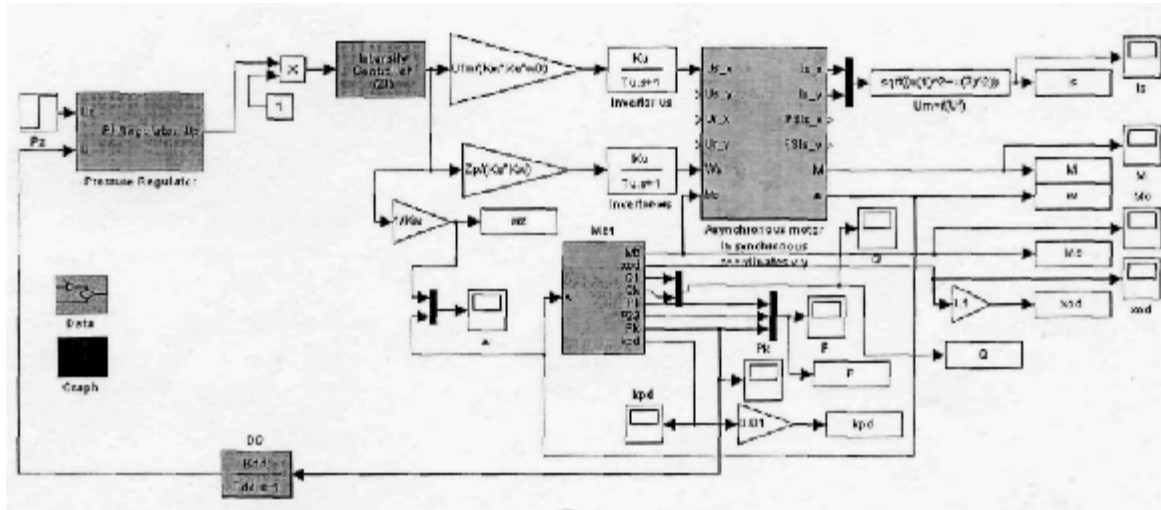


Рис. 1 - Модель електромеханічної системи pompувальної установки з вузлом стабілізації тиску в диктуючій точці при нестационарній течії в трубопроводі.

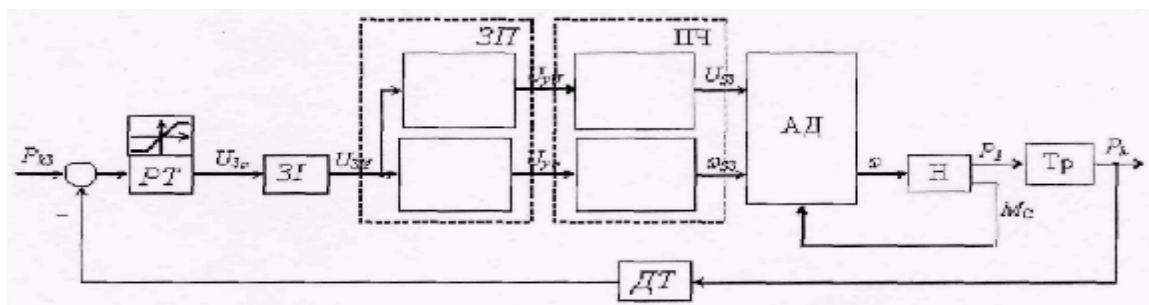


Рис.2. Узагальнена структурна схема системи автоматичної стабілізації тиску.

Регулятор тиску (РТ) відпрацьовує сигнал завдання U_{zw} на частоту обертання АД залежно від сигналу помилки регулювання тиску. Цей сигнал подається на вхід задавача інтенсивності (ЗІ) і перетворюється в напругу U_{yw} завдання, що лінійно змінюється, в завданні на швидкість обертання асинхронного двигуна АД.

Задаючий пристрій ЗП формує напругу U_{yw} управління частотою перетворювача частоти (ПЧ):

$$U_{ym} = \frac{z_p}{k_{\mu\omega} k_{\omega}} U_{zi} \quad (1)$$

і пропорційна йому напруга U_{yu} управління напругою ПЧ:

$$U_{yu} = \frac{y}{k_{\mu U} k_{\omega}} U_{zi} \quad (2)$$

де, $k_{\mu\omega}$, $k_{\mu U}$ - коефіцієнти посилення ПЧ по каналах завдання частоти і напруги;
 k_{ω} - масштабний коефіцієнт, що відображає пропорційний закон залежності між дійсною швидкістю двигуна і її заданим значенням;

$$\gamma = \frac{U_{fl.max}}{\omega_{SH}}$$

- постійна величина, рівна відношенню номінального значення амплітуди до номінального значення кутової частоти фазної напруги статора АД.

Таким чином в даній системі реалізується скалярне частотне управління згідно із законом:

$$\frac{U_S}{f_S} = const \quad (3)$$

Перетворювач частоти перетворить сигнали управління U_{yc} та U_{yu} в силову напругу, що прикладається до двигуна з фазною амплітудою U_{S3} і частотою першої гармоніки ω_{S3} . Інерційність перетворювача частоти приймаємо:

$$T_p = 3 \text{ мс.} \quad (4)$$

Оскільки число пар полюсів АД $z_p = 1$, а його електромагнітна і механічна інерційності істотно менше гідравлічної інерційності системи, то передавальну функцію АД запишемо у вигляді:

$$W_{AD}(p) = \frac{\omega(p)}{\omega_{S3}(p)} \approx z_p = 1 \quad (5)$$

Частота обертання ротора двигуна визначає тиск P1 на початку трубопроводу, залежно від якого формується момент опору МС на валу двигуна. На виході трубопроводу маємо тиск P_k , величина якого підлягає регулюванню. Вказані сигнали формуються гідравлічною частиною електромеханічної системи, опис якої був приведений.

Для синтезу системи стабілізації тиску вводимо коефіцієнти пропорційності між номінальним (робочим) тиском в кінці трубопроводу і номінальною частотою обертання АД:

$$k_T = \frac{P_{k.pob}}{\omega_{deH}} = \frac{13,5 \cdot 10^3}{307,9} = 43,85, \text{Па} \cdot \text{с} \quad (6)$$

Датчик тиску (ДТ) представимо його еквівалентною передавальною функцією:

$$W_{DT}(p) = \frac{k_{DT}}{T_{DT}p + 1}$$

де приймаємо:

$k_{DT} = 1$ - коефіцієнт передачі ДТ; $T_{DT} = 0,1 \text{ с}$ - постійна часу ДТ, інерційність, що характеризує його.

З урахуванням викладеного, передавальну функцію об'єкту регулювання запишемо таким чином:

$$W_{obj}(p) = \frac{z_p}{k_{\mu\omega} k_{\omega}} \cdot k_{\mu\omega} \cdot z_p \cdot k_T \cdot \frac{k_{DT}}{T_{DT}p + 1} \quad (8)$$

Очевидно, що при зневазі інерційністю АД і ПЧ для синтезу астатичної системи першого порядку по управлінню необхідно пропорційно-інтегральний регулятор з передавальною функцією:

$$W_{PD}(p) = \frac{k_{\omega}}{z_p^2 k_f k_{DT}} \cdot \frac{T_{DT} p + 1}{T_{PT} p}, \quad (9)$$

а у випадках, коли можливо нехтувати інерційністю ДТ, досить використовувати інтегральний регулятор з передавальною функцією:

$$W_{PI}(p) = \frac{k_{\omega}}{z_p^2 k_f k_{DT}} \cdot \frac{1}{T_{PI} p} \quad (10)$$

У рівняннях (9), (10) значення сталої часу регулятора вибирається шляхом сумісного аналізу електромагнітних, механічних і гідравлічних процесів в системі.

Для цього виконаємо дослідження реакцій системи на стрибок дії, що управляє, при відповідній лінійній зміні швидкості дія, що управляє, при різних значеннях постійною часу регулятора, синтезованого по (10) (рис.3).

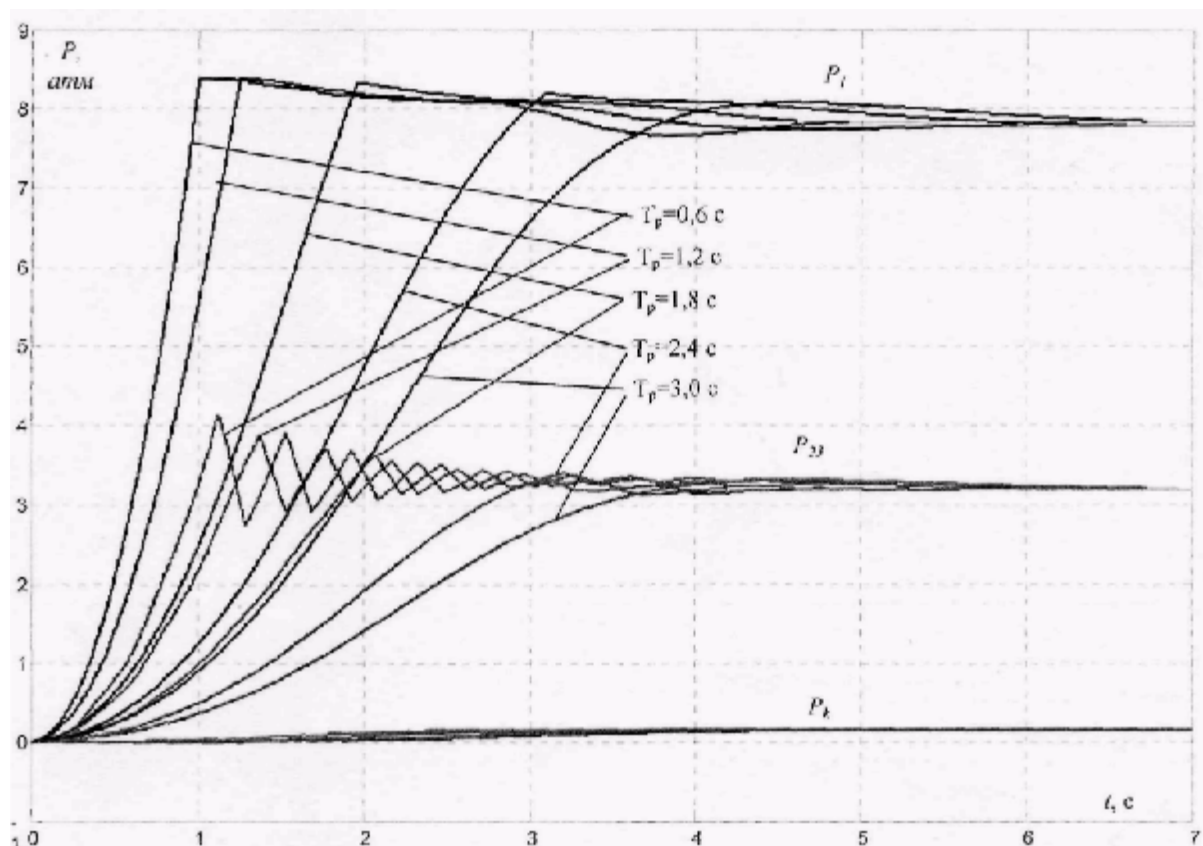


Рис. 3. Перехідні процеси при пуску системи при різних сталих часу регулятора тиску.

Аналіз отриманих залежностей показує, що з умови оптимального демпфування хвильових процесів в середині трубопроводу (тиск P_{23} відповідає тиску на початку останньої ділянки трубопроводу) значення сталої часу регулятора тиску повинно мати значення:

$$T_{PT} \geq 2,5 \text{ с} \quad (11)$$

Приймаємо:

$$T_{PT} = 850 T_{\mu} = 2,55 \text{ с} \quad (12)$$

На рис. 4 ілюстровано як позначається закривання засувки. На рис. 5 приведені умови, для яких досліджувалась поведінка системи. Для кожного з прийнятих умов

фіксувались перехідні процеси в гідравлічній і електромеханічній частинах системи, причому фіксація проводилась для розімкненої та для замкнутої системи (гідравлічна частина). Електромеханічні показники у перехідних процесах фіксувались для замкнутої системи. Ступінь закриття прийнята як "N" раз d - діаметр насадка (засувки).

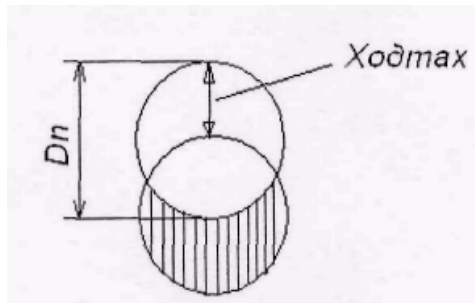


Рис. 4. Схема закривання засувки.

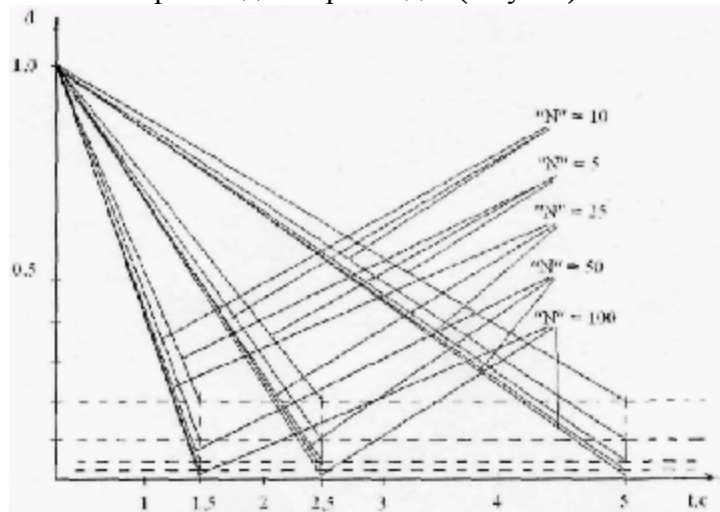


Рис. 5. Зміна ступеню закриття засувки в часі у "N" раз.

- де D_n - діаметр насадка (діаметр клапану засувки), $Ходтах$ - величина на яку відчинений клапан. При закриванні засувки D_n поділяємо на число в яке потрібно зменшити діаметр труби. Отже, $Ходтах = D_n/x$, $D_n = 0.1м$. Якщо потрібно зменшити діаметр у 10 разів маємо

$Ходтах = 0.01м$. На стільки відкрито клапан засувки.

Далі на рисунках (6) - (8) приведені графіки зміни тиску у трубопроводі в різних його ділянках при різних ступінях та часу закривання засувки а також графіки характеризуючи стан контрольних величин електродвигуна приводу насосної станції. Для порівняння приводяться графіки тиску і подачі при закриванні засувки в разі розімкнутої та замкнутої системи, здатної реагувати на зміну тиску в контрольній точці.

На рис. (6а, раз) спостерігається підвищення тиску до 30 Атм., тоді як критичний тиск при якому відбувається розрив розглянутого в роботі трубопроводу складає 12-15 Атм. На рис. (6б, зам) приведені графіки тиску зняті при замкнутій системі - спостерігається згладжування стрибка тиску до 13.5 Атм., що теж є критичним, але приймаючи умови закриття засувки які практично неможливо здійснити на практиці є цілком припустимим. На рис. (7а, раз) відбувається практично повне закриття засувки що приводить до стрибка тиску вище 20 Атм. і розриву трубопроводу.

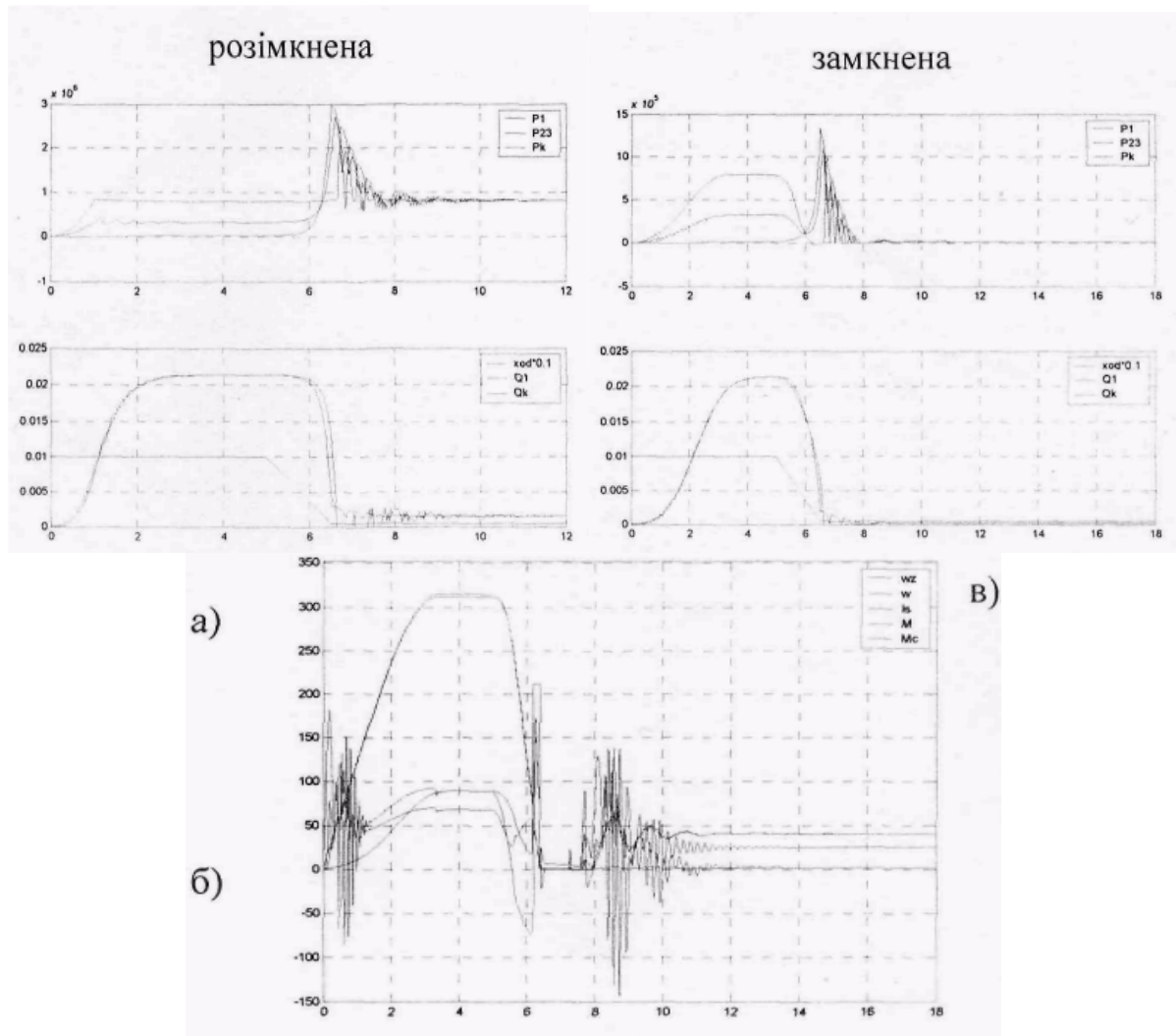


Рис.6. Перехідні процеси у системі: а), б) - гідравлічні і в) електромеханічні показники, при величині $X_{\text{одмах}} = D_p/25$ за 1.5 с.

На рис. (7б, зам) при замкнутій системі тиск після закриття падає разом з подачею і не перевищує робочого, скачок тиску як проява гідравлічного удару не перевищує 7-х Атм. На рис. (8а, раз) приведений тиск в умовах наближених до реальних. Тиск при розімкненій системі в наслідку гідроудару зростає до 15 Атм. На рис. (8б, зам) в замкнутій системі тиск падає разом з подачею. Скачок тиску в результаті повного закриття засувки не перевищує 2 Атм.

При оцінці умов виникнення гідравлічного удару в трубопроводі в першу чергу зверталася увага на темп закривання засувки, що і визначає величину початкового кидку тиску в даному перетині. Тому найбільший інтерес представляють результати моделювання поведінки системи при значних змінах діаметру трубопроводу за короткий відрізок часу.

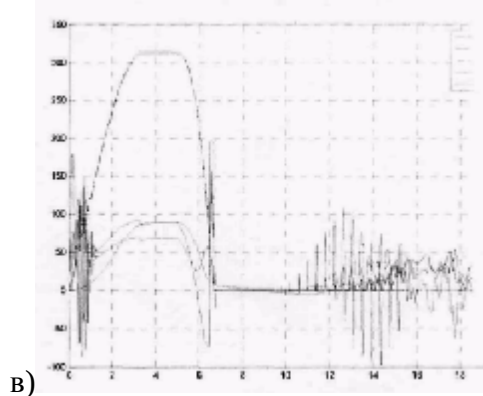
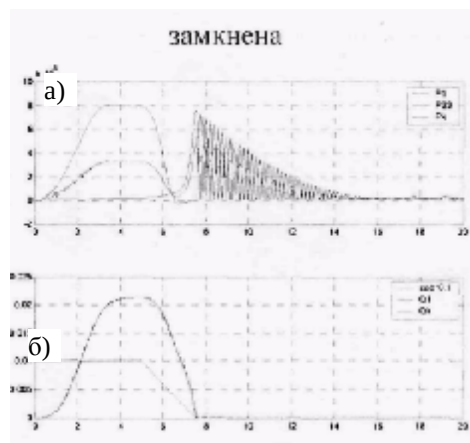
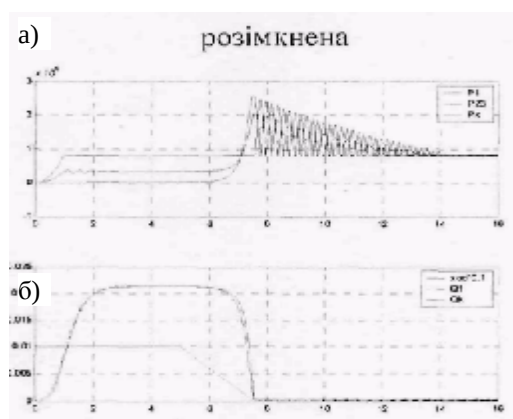
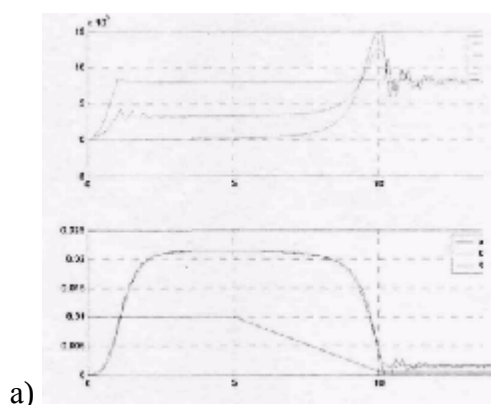
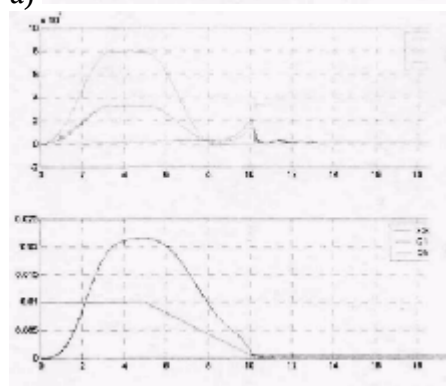


Рисунок 7 - Перехідні процеси у систем : а), б) - гідравлічні і в) електромеханічні показники, при величині $X_{\text{одмах}} = D_{\text{п}}/100$ за 2.5 с.



б)



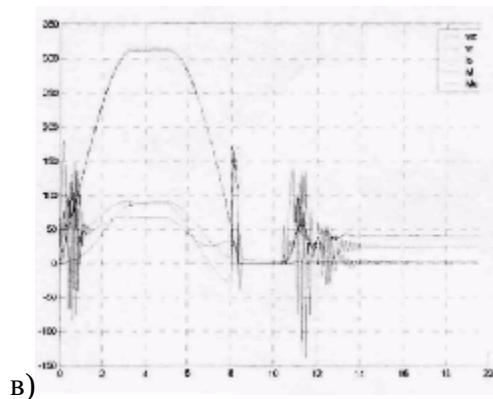


Рис. 8. Перехідні процеси у системі: а), б) - гідравлічні і в) електромеханічні показники, при величині $X_{\text{одмах}} = D_{\text{п}}/25$ за 5 с.

Нижче на рис. (9) для більшої наочності приведені залежності між часом закривання та кидками перших піків тиску при зменшенні діаметру трубопроводу у "Нраз". „Нраз” дорівнює -25.

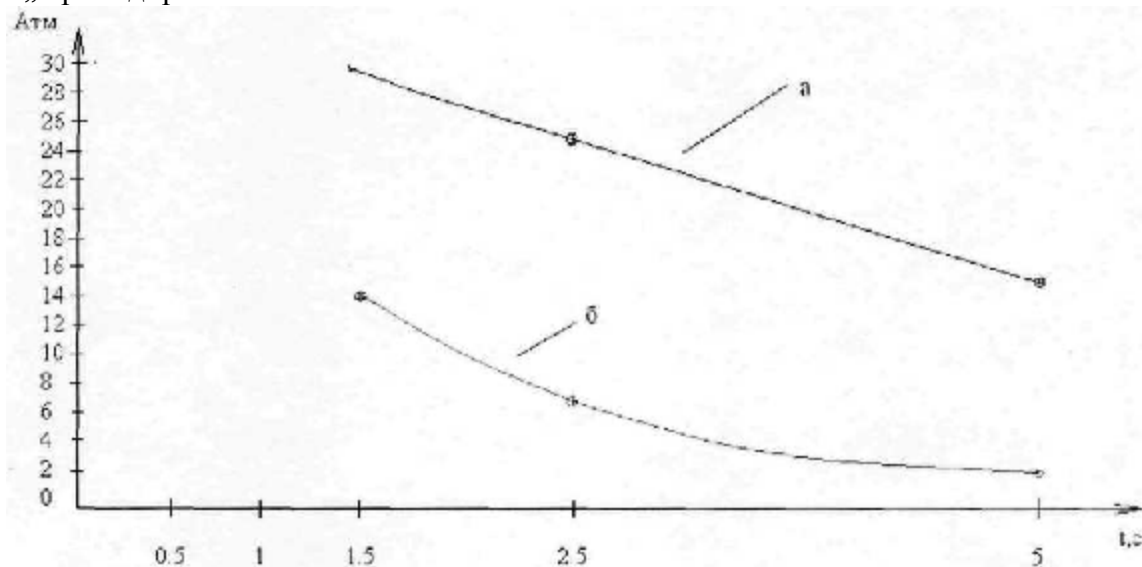


Рис. 9. Залежність початкового кидку тиску від ступеню закриття засувки:
а) для розімкненої системи; б) для замкнутої системи

Для побудування такої залежності було отримано 6 графіків. Для кожної з прийнятих умов проводилась фіксація перехідних процесів в гідравлічній і електромеханічній частинах системи, причому фіксація проводилася для розімкненої і замкнутої систем (гідравлічна частина). Електромеханічні показники в перехідних процесах фіксувалися переважно для замкнутої системи. Під час появи першого піку тиску має місце невелике запізнювання по відношенню до закінчення відпрацювання зміни перетину трубопроводу. Першим досягає свого максимуму P_k , далі P_{23} потім P_1 . При збільшенні часу закривання засувки при одному і тому ж числі „Нраз” послідовність максимумів залишається P_k , P_{23} , P_1 , та їх величини знижуються.

При малому часі закривання засувки з ростом числа «Нраз» перехідний процес накиду навантаження стає більш активним і підвищується коливальність процесу. З метою попередження виникнення гідравлічного удару в умовах заводу бажано плавно виконувати операції по закриванню й відкриванню водозабірних клапанів, а так само засувки в комплексі з використанням гідравлічних запобіжників гідроудару.

Список літератури : 1. Лезнов Б.С. Экономия электроэнергии в насосных установках. -М.: Энергоатомиздат, 1991, - 144 с. 2. Гейер В.Г., Тимошенко Г.М. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки. М.: Недра, 1987, - 270 с. 3. Фокс Д.А. Гидравлический анализ неустановившегося течения в трубопроводах. Пер. с англ. - М.: Энергоиздат, 1981, - 248 с. 4. Борисенко В.Ф., Кац А.Б., Пименов Г.А., Годецкий М.Н., Поклад И.И. К переходу на ресурсосберегающую систему электропривода в групповых насосных установках. Прогрессивные технологии и системы машиностроения : Междун. сб. научных трудов. -Донецк : ДонГТУ, 2001, вып. 16 - с57 - 61. 5. Борисенко В.П., Поклад И.И., Григор'єв С.В., Кац О.Б., Пименов Г.О., Годецкий М.М.. Режимы роботи групової насосної станції з урахуванням коефіцієнту корисної дії та основних гідравлічних параметрів.// Взрывозащищенное электрооборудование : Сб. научн. тр. УкрНИИВЭ. - Донецк : Юго - Восток , 2003 - с161 - 165. 6. Борисенко В.П., Поклад И.И., Григор'єв С.В., Кац О.Б., Пименов Г.О., Годецкий М.М.. Дослідження динаміки групової насосної станції з електроприводами по системі перетворювач частоти -асинхронний двигун з метою стабілізації вихідного тиску. Машиностроение и техносфера XXI века // Сб. трудов междун. НТК в г. Севастополе 8-14 сентября 2003г. В 4 - х томах. - Донецк : ДонНТУ, 2003.Т.І. - сЮ8 - 113. 7. Борисенко В.П., Овсянников В.П., Поклад И.И., Григор'єв С.В., Кац О.Б., Пименов Г.О., Годецкий М.М.. Динаміка електромеханічної системи „перетворювач частоти - асинхронний двигун з к. з. ротором - насос з обліком нестационарної течії в трубопроводі". Машиностроение и техносфера XXI века // Сб. трудов междун. НТК в г. Севастополе 8-14 сентября 2003г. В 4 - х томах. - Донецк : ДонНТУ, 2003.Т.І. - с100 - 108.

АНАЛИЗ ПРИЧИН НЕСТАБИЛЬНОЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ КРАНА (В УСЛОВИЯХ МАРТЕНОВСКОГО ЦЕХА ЗАО "ДОНЕЦКСТАЛЬ")

Борисенко В.Ф.; Терёхина Н.А. (ДонНТУ, г.Донецк, Украина)

In this article the questions of equalization of load between the drive motors of traveling mechanism of crane are considered.

Работа механизма передвижения крана в последнее время сопровождалась рывками, имел место перекос моста крана при движении и в тормозном режиме, отмечалось неравномерное распределение нагрузки между приводными двигателями. В качестве приводных двигателей для механизма передвижения использованы машины типа Д-32М (Рп=18кВт, Un=220В, In=96А, nn=960 об/мин). На рис.1 даны универсальные характеристики краново-металлургических двигателей последовательного возбуждения типа Д для напряжения 220В.

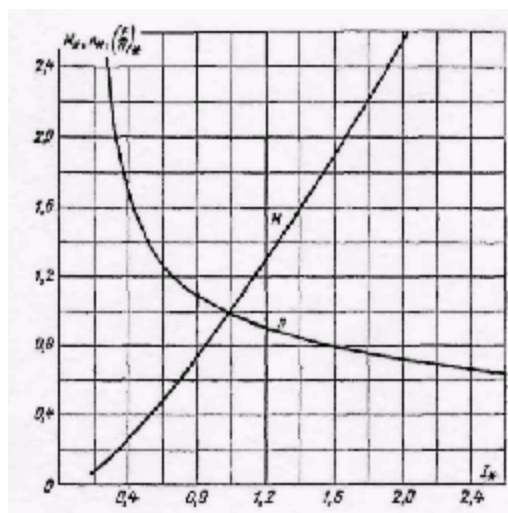


Рис. 1. Универсальные характеристики двигателя типа Д-32М

Для выявления причин нестабильной работы была проанализирована работа схемы управления, измерены сопротивления в цепях машины, проверена их разбивка на секции; выполнено реконографирование токов двигателей с целью оценки загрузки последних.

Анализ работы схемы управления показал, что она соответствует расчетным настройкам, также соответствует расчетной и разбивка сопротивлений на секции.

В этом случае перегрузка одного из двигателей может быть вызвана несовпадением электромеханических характеристик двигателей и различными приведенными моментами сопротивлений - M_{e1} , M_{c2} .

Для проверки этих положений были сняты реконограммы (рис. 2а, б).

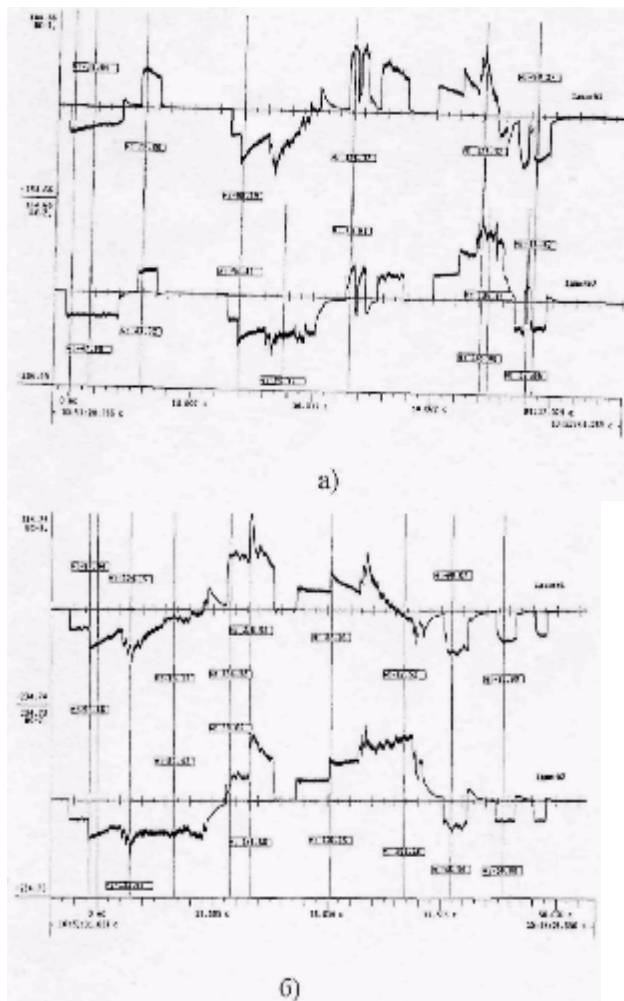


Рис. 2. Зависимости $I_{m1}(t)$ и $I_{m2}(t)$ при отработке типовых перемещений приводом механизма передвижения.

Как видно из рекогнограмм (рис. 2а, б), нагрузка на двигатели №1 и №2 неодинакова.

Измерения частоты вращения приводных колес крана фототахометром показали, что существует разница в темпе разгона около 20%.

Поэтому для уменьшения вероятности повторных аварийных выходов из строя двигателя №2 (следовательно уменьшения вероятности аварийного останова крана) было принято решение об изменении схемы привода.

Паспортная схема включения обмоток возбуждения показана на рис. 3а), где шунтирующее сопротивление $R7-R8=0.1 \text{ } \Omega$ предназначено для возможности работы привода на искусственной характеристике с повышенной угловой скоростью. На получаемой искусственной характеристике двигателя, при таком же приведенном моменте нагрузки, потребляют повышенный ток.

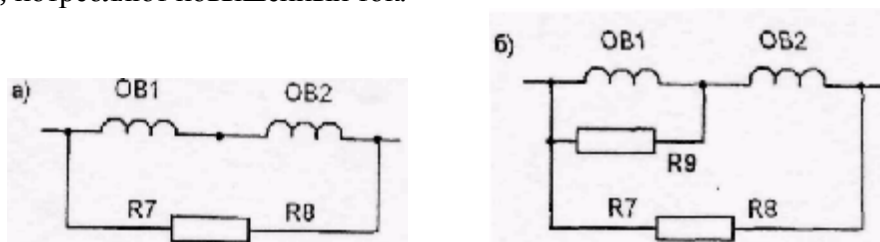


Рис. 3. Схемы включения обмоток возбуждения двигателей механизма передвижения шихтового крана

Для получения возможности снижения нагрузок на двигатели и их более равномерного распределения между машинами была применена схема включения обмоток возбуждения 3.б). Экспериментально подобранные сопротивления $R7-R8=0.25 \Omega$, $R7-R9=0.75 \Omega$ позволили снизить нагрузки на двигатель №2 и иметь возможность изменения распределения нагрузки между двигателями. Были сделаны повторные рекогнограммы работы механизма передвижения крана (рис.4.а, б).

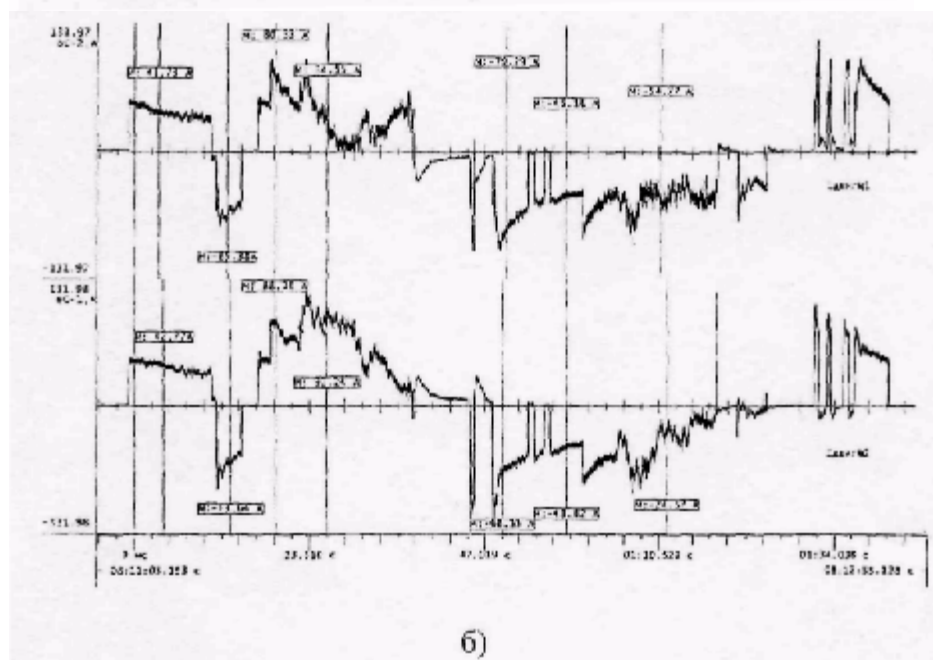
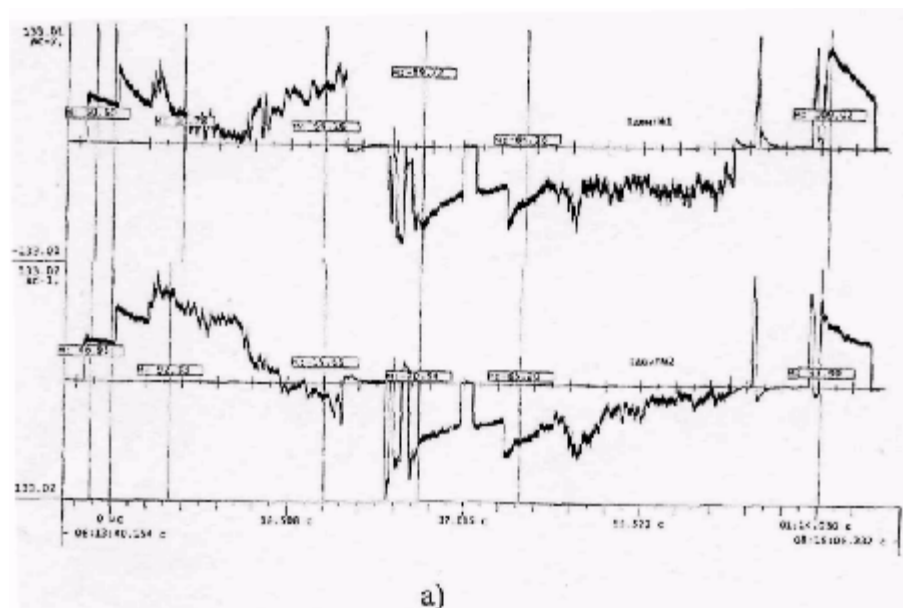


Рис. 4. Зависимости $I_{m1}(t)$ и $I_{m2}(t)$ после изменения схемы включения обмоток

На рекогнограммах зафиксированы токи двигателей №1и №2 (двигатель №1 - установленный над кабиной, двигатель №2 - дальний от кабины).

Анализ реконограмм показывает, что:

- нагрузка на двигатель №2 уменьшена за счет снижения скорости передвижения крана и за счет некоторого увеличения нагрузки на двигатель №1;
- как и прежде работа привода сопровождается рывками, перекосом моста при движении и торможении;
- максимальные кратковременные токи при торможении противовключением не превышают 200-210А;
- как ипрежде отмечается разница нагрузки на двигатели при движении влево и вправо;
- токи двигателей при работе на установившейся частоте вращения не превышают I_n ;
- переродически при движении наблюдаются подклинивания приводного колеса двигателя №2.

Выводы:

- применение схемы рис. 3б) является временной мерой, которая будет в. работе до устранения реальных причин, вызывающих неравномерность вращения;
- необходим геодезический контроль фермы крана и подкранового пути;
- необходимо измерение передаточных чисел редукторов механизма передвижения.

Список литературы: 1. Вещеневский С. Н. Характеристики двигателей в электроприводе. М., Энергия, 1977. - 432с.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПРЕЦЕССИОННЫХ ПЕРЕДАЧАХ

Бостан И. , Дулгеру В., Боднарюк И. (ТУМ, г. Кишинёв, Республика Молдова)

Abstract: *The problem of reducing the gabarits, mass and the price of the actual kinematical mechanical transmissions is especially important. In the article there are presented investigations regarding the constructive and technological optimization of planetary precessional kinematical transmissions, recommendations regarding the selection of plastic materials for the toothed wheels from the precessional gear with nonstandard teeth profile.*

Введение.

Одна из самых важных проблем в области машиностроения на сегодняшний день является снижение габаритов, массы и себестоимости механических передач. Разработанные на кафедре «Теория механизмов и детали машин» Технического Университета Молдовы планетарно – прецессионные передачи отвечают этим требованиям. До настоящего времени исследования проводились в основном в области силовых передач, где использовано многопарное зацепление, в котором зубья одного из колес выполнены в виде конических роликов, установленных на осях с воз-

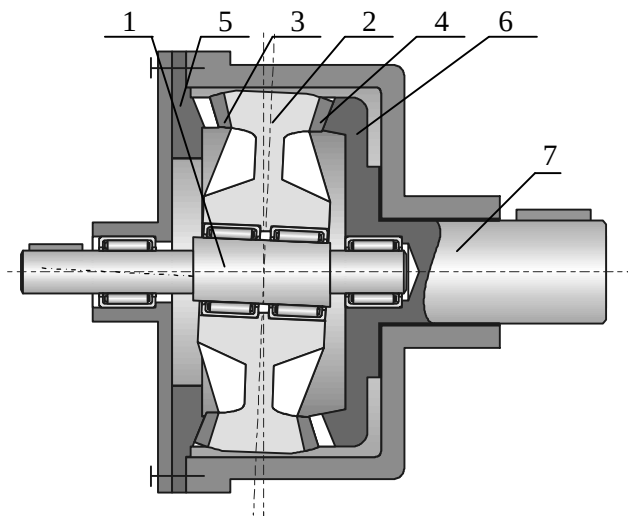


Рис.1.

возможностью вращения. Принимая во внимание постоянно растущая потребность в кинематических механизмах (для автомобилей, роботов, точной механики) на кафедре была разработана гамма планетарно – прецессионных кинематических передач. В отличие от силовых планетарно – прецессионных редукторов, в которых трение скольжения заменено на трение качения, в кинематических планетарно – прецессионных передачах зацепление осуществляется посредством пары «зуб – зуб». Сателлитный блок 2 (рис. 1) изготовлен целым вместе с двумя зубчатыми венцами 3 и 4 и установлен свободно на кривошипе 1. Центральное зубчатое колесо 5 связано жестко с корпусом, а колесо 6 – с ведомым валом 7. Передаточное отношение определяется зависимостью:

$$i = -\frac{z_3 \cdot z_6}{z_5 \cdot z_4 - z_3 \cdot z_6} \quad (1)$$

Сателлитный блок изготавливаются литьем из пластмасс с антифрикционными свойствами. В зацеплении преобладает трение скольжения, поэтому одна из самых острых проблем в изучении кинематических прецессионных передач является определение силовых потерь в зацеплении. Для определения потерь мощности в зацеплении необходимо определить скорость скольжения между зубьями.

1. Определение скорости скольжения в зацеплении

Для выявления формул определения скорости скольжения в зацеплении «зуб – зуб» необходимы некоторые обозначения.

Угол вращения кривошипного вала:

$$\psi = \psi_i = (i - 1)^\circ, \quad (2)$$

$$\text{где: } i = 1 \div \left(360 \frac{z_2}{z_1} + 1 \right)$$

В соответствии с уравнением (2) координаты центра кривизны D зубьев сателлита будут определяться формулами:

$$\begin{aligned} x_D &= R \{ \cos \delta [-\cos \psi \sin(z_1 \psi / z_2) + \sin \psi \times \\ &\times \cos(z_1 \psi / z_2) \cos \theta] - \sin \delta \sin \theta \sin \psi \}; \\ y_D &= -R \{ \cos \delta [\sin \psi \sin(z_1 \psi / z_2) + \cos \psi \times \\ &\times \cos(z_1 \psi / z_2) \cos \theta] - \sin \delta \sin \theta \cos \psi \}; \\ z_D &= -R \{ \cos \delta \sin \theta \cos(z_1 \psi / z_2) + \sin \delta \cos \theta \}. \end{aligned} \quad (3)$$

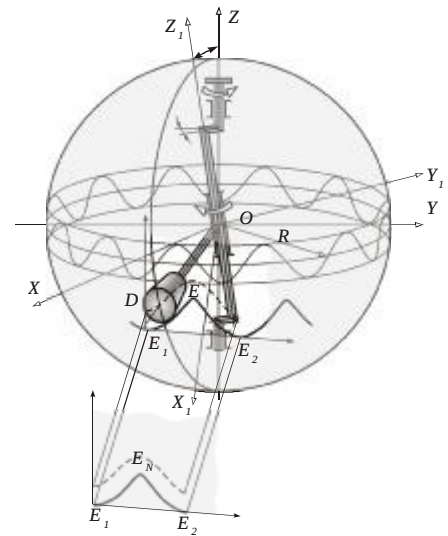


Рис.2.

Первая производная от полученных координат представляет скорость точки D .

$$\begin{aligned} \dot{x}_D &= \dot{\psi} R \left\{ \cos \delta \left[\left(1 - \frac{z_1}{z_2} \cos \theta \right) \sin \psi \sin(z_1 \psi / z_2) + \left(\cos \theta - \frac{z_1}{z_2} \right) \cos \psi \cos(z_1 \psi / z_2) \right] - \sin \delta \sin \theta \cos \psi \right\}; \\ \dot{y}_D &= \dot{\psi} R \left\{ -\cos \delta \left[\left(1 - \frac{z_1}{z_2} \cos \theta \right) \cos \psi \sin(z_1 \psi / z_2) + \left(\frac{z_1}{z_2} - \cos \theta \right) \sin \psi \cos(z_1 \psi / z_2) \right] - \sin \delta \sin \theta \sin \psi \right\}; \end{aligned} \quad (4)$$

$$\dot{\mathbf{z}}_D = \dot{\psi} R \frac{z_1}{z_2} \cos \delta \sin \theta \sin(z_1 \psi / z_2).$$

Вторая производная декартовых координат точки **D** представляет ускорение точки **D**.

$$\begin{aligned} \ddot{\mathbf{z}}_D &= \frac{\dot{\mathbf{z}}_D}{\dot{\psi}} \dot{\psi} + \dot{\psi}^2 R \left\{ \cos \delta \left[\cos \psi \sin(z_1 \psi / z_2) \times \left(1 - 2 \frac{z_1}{z_2} \cos \theta + \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2 \right) + \sin \psi \cos(z_1 \psi / z_2) \right] \right. \\ &\times \left. \left(-\cos \theta + 2 \frac{z_1}{z_2} - \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2 \cos \theta \right) \right] + \sin \delta \sin \theta \sin \psi \Big\}; \\ \ddot{\mathbf{y}}_D &= \frac{\dot{\mathbf{y}}_D}{\dot{\psi}} \dot{\psi} + \dot{\psi}^2 R \left\{ \cos \delta \left[\sin \psi \sin(z_1 \psi / z_2) \times \left(1 - 2 \frac{z_1}{z_2} \cos \theta + \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2 \right) - \cos \psi \cos(z_1 \psi / z_2) \right] \right. \\ &\times \left. \left(-\cos \theta + 2 \frac{z_1}{z_2} - \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2 \cos \theta \right) \right] - \sin \delta \sin \theta \cos \psi \Big\}; \end{aligned} \quad (5)$$

$$\ddot{\mathbf{z}}_D = \frac{\dot{\mathbf{z}}_D}{\dot{\psi}} \dot{\psi} + \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2 \dot{\psi}^2 R \cos \delta \cos(z_1 \psi / z_2) \sin \theta. \quad (6)$$

Для упрощения полученных формул осуществляются следующие обозначения:

$$\begin{aligned} P_1 &= \dot{\mathbf{z}}_D y_D - x_D \dot{\mathbf{z}}_D; P_2 = \dot{\mathbf{y}}_D z_D - y_D \dot{\mathbf{z}}_D; P_3 = \dot{\mathbf{x}}_D x_D - z_D \dot{\mathbf{x}}_D. \quad \text{и} \\ Q &= \sqrt{R^2 \cos^2 \beta (P_2 \dot{\mathbf{y}}_D - P_3 \dot{\mathbf{z}}_D)^2 - [R^2 \cos^2 \beta (\dot{\mathbf{z}}_D^2 + \dot{\mathbf{y}}_D^2) - P_1^2] (P_1^2 + P_2^2 + P_3^2)}. \end{aligned} \quad (7)$$

Профиль зуба зубчатого колеса представляет собой кривую, равноудаленную от траектории точки **D**. Координаты точки **E**, описывающие поверхность зубьев, следующие:

$$z_E = \frac{R^2 \cos \beta (P_2 \dot{\mathbf{y}}_D - P_3 \dot{\mathbf{z}}_D) - R \cdot Q}{P_1^2 + P_2^2 + P_3^2}; x_E = \frac{P_2}{P_1} z_E - \frac{R^2 \cos \beta}{P_1} \dot{\mathbf{y}}_D; y_E = \frac{P_3}{P_1} z_E - \frac{R^2 \cos \beta}{P_1} \dot{\mathbf{z}}_D. \quad (8)$$

Скорость точки **E** по координате **z** будет:

$$\dot{\mathbf{z}}_E = \dot{\mathbf{z}}_{E1} \cdot P_{11} + \dot{\mathbf{z}}_{E2} \cdot P_{21} + \dot{\mathbf{z}}_{E3} \cdot P_{31} + \dot{\mathbf{z}}_{EX} \cdot \dot{\mathbf{z}}_D + \dot{\mathbf{z}}_{EY} \cdot \dot{\mathbf{y}}_D \quad (9)$$

$$\text{где: } P_{11} = \dot{\mathbf{z}}_D y_D - x_D \dot{\mathbf{z}}_D; P_{21} = \dot{\mathbf{y}}_D z_D - y_D \dot{\mathbf{z}}_D; P_{31} = \dot{\mathbf{x}}_D x_D - z_D \dot{\mathbf{x}}_D.$$

Для определения составляющих скорости по координатам **x** и **y** необходимо определить координаты точки **E** профиля зуба по оси **z** в 3 позициях, которые охватывают полный цикл прецессии.

$$z_{E1} = \frac{(P_1^2 + P_2^2 + P_3^2) \frac{P_1 R}{Q} [R^2 \cos^2 \beta (\dot{\mathbf{z}}_D^2 + \dot{\mathbf{y}}_D^2) - 2 P_1 [R^2 \cos \beta (P_2 \dot{\mathbf{y}}_D - P_3 \dot{\mathbf{z}}_D) - RQ]]}{(P_1^2 + P_2^2 + P_3^2)^2}$$

$$z_{E2} = \frac{(P_1^2 + P_2^2 + P_3^2) \left\{ R^2 \mathfrak{F}_D \cos b - \frac{R}{Q} [R^2 \cos^2 b \times \right. \\ \left. \times (P_2 \mathfrak{F}_D - P_3 \mathfrak{K}_D) \mathfrak{F}_D - P_2 (R^2 \cos^2 b (\mathfrak{K}_D^2 + \mathfrak{F}_D^2) - P_1^2) \right\} - [R^2 \cos b (P_2 \mathfrak{F}_D - P_3 \mathfrak{K}_D) - RQ] 2P_2}{(P_1^2 + P_2^2 + P_3^2)^2} \cdot \frac{1}{(P_1^2 + P_2^2 + P_3^2)^2}; \quad (10)$$

$$z_{E3} = \frac{(P_1^2 + P_2^2 + P_3^2) \left\{ -R^2 \mathfrak{F}_D \cos \beta \cdot \mathfrak{K}_D - \frac{R}{Q} \right\} \times [-R^2 \cos^2 \beta (P_2 \mathfrak{F}_D - P_3 \mathfrak{K}_D) \mathfrak{K}_D - P_3 (R^2 \cos^2 \beta (\mathfrak{K}_D^2 + \mathfrak{F}_D^2) - P_1^2)] \left\{ - \right. \\ \left. - [R^2 \cos b (P_2 \mathfrak{F}_D - P_3 \mathfrak{K}_D) - RQ] 2P_3 \right\}}{(P_1^2 + P_2^2 + P_3^2)^2} \cdot \frac{1}{(P_1^2 + P_2^2 + P_3^2)^2}.$$

Координаты точки **E** по осям **x** и **y** будут следующими:

$$z_{Ex} = \frac{-P_3 R^2 \cos \beta + \frac{R^3 \cos^2 \beta}{Q} [P_2 P_3 \mathfrak{F}_D + (P_1^2 + P_2^2) \mathfrak{K}_D]}{P_1^2 + P_2^2 + P_3^2}; \quad z_{Ey} = \frac{-P_3 R^2 \cos \beta + \frac{R^3 \cos^2 \beta}{Q} [P_2 P_3 \mathfrak{K}_D + (P_1^2 + P_2^2) \mathfrak{F}_D]}{P_1^2 + P_2^2 + P_3^2}. \quad (11)$$

Для определения скорости точки **E** по координате **x** необходимо определить:

- координаты точек **E**₁ и **E**₂ по оси **x**.

$$x_{E1} = -\frac{1}{P_1^2} (P_2 z_E - R^2 \mathfrak{F}_D \cos b); \quad x_{E2} = \frac{z_E}{P_1}. \quad (12)$$

- координаты точки **E** по оси **y** и **z**.

$$x_{Ey} = -\frac{R^2 \cos b}{P_1}; \quad x_{Ez} = \frac{P_2}{P_1}. \quad (13)$$

В финале получаем формулу определения скорости точки **E** по координате **x**:

$$\mathfrak{K}_E = x_{E1} \cdot P_{11} + x_{E2} \cdot P_{21} + x_{Ey} \cdot \mathfrak{F}_D + x_{Ez} \cdot \mathfrak{K}_E. \quad (14)$$

В аналогичном порядке поступаем и в случае определения скорости точки **E** по координате **y**:

$$y_{E1} = -\frac{1}{P_1^2} (P_3 z_E - R^2 \mathfrak{K}_D \cos b); \quad y_{E3} = \frac{z_E}{P_1}; \quad y_{Ez} = \frac{P_3}{P_1};$$

$$y_{Ex} = \frac{R^2 \cos b}{P_1}; \quad \mathfrak{F}_E = y_{E1} \cdot P_{11} + y_{E3} \cdot P_{31} + y_{Ez} \cdot \mathfrak{K}_E + y_{Ex} \cdot \mathfrak{F}_D. \quad (15)$$

На основе полученных формул получаем зависимость для определения скорости скольжения точки **E**.

$$V_E = \sqrt{\mathfrak{K}_E^2 + \mathfrak{F}_E^2 + \mathfrak{F}_E^2}. \quad (16)$$

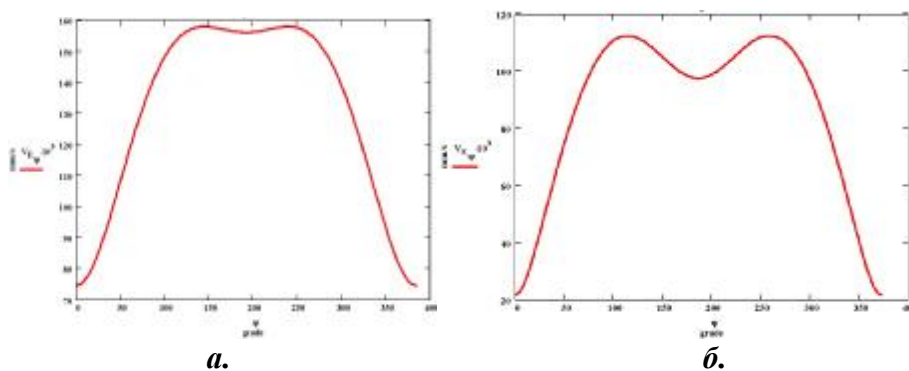


Рис.3.

- а.** $Z_1=Z_2-1$; $Z_1=15$; $Z_2=16$; $\delta=22.5^\circ$; $\beta=4^\circ$; $\theta=2.5^\circ$; $R_e=20\text{мм}$.
б. где $Z_1=Z_2-1$; $Z_1=30$, $Z_2=31$, $\delta=22.5^\circ$, $\beta=2^\circ$, $\theta=2.5^\circ$, $R_e=20\text{мм}$

На основе полученных формул была разработана программа и выполнены ряд вычислений, которые позволили определить скорости скольжения в зацеплении кинематических планетарно – прецессионных передач с разными геометрическими параметрами (фиг. 3,а,б).

2. Материалы, применяемые для изготовления зубчатых

При выборе материала для изготовления зубчатых колес нужно обратить внимания на назначение передачи, срок эксплуатации и условия работы, тип и характер смазки, технологическое оборудование, имеющееся в наличие, стоимость материала.

Материалы, используемые для изготовления зубчатых колес, бывают очень разными. В машиностроении зубчатые колеса изготавливаются из стали и чугуна. В аппаратостроении помимо стали используется медь, титан, алюминиевые сплавы и др. Пластмассы чаще всего применяются в маломощных кинематических передачах.

Пластмассы и полимерные составляющие представляют собой особый класс материалов на базе полимеров, которые отличаются от традиционных конструкционных материалов малой плотностью, эластичностью, большим сопротивлением на единицу массы, большой коррозионной устойчивостью в разных средах, хорошей и легкой обрабатываемостью. Наряду с этими качествами пластмассы характеризуются относительно малым модулем упругости, малой теплопроводностью, высоким коэффициентом термического расширения, сильно выраженными деформационными свойствами. Рекомендуемые материалы для изготовления зубчатых колес и сателлитного блока являются: пластмасс Durethan - Polyamid 66 (PA66); Glass Reinforced BKV30H; полиамид П – 6; полиамид П – 610; полиамид АК93/7; полиамид П – 12 и др. Для улучшения механических свойств зубчатых колес все материалы применяются с добавлением стекла.

Список литературы: 1. Бостан , И. Прецессионные передачи с многопарным зацеплением, Кишинев, 1991. 2. Bostan, I., Dulgheru, V., Grigoraș, S. Transmisii planetare precesionale și armonice. Atlas, București, Chișinău, 1997. 3. Thomas, A. Ruffalo. Engineering resins feature wear resistance at high temperatures. Journal of Modern Plastics, Enciclopedia'99, p. 66.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕЦЕССИОННОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ НА ОТКЛОНЕНИЕ НЕМОДИФИЦИРОВАННОГО ПРОФИЛЯ ЗУБЬЕВ

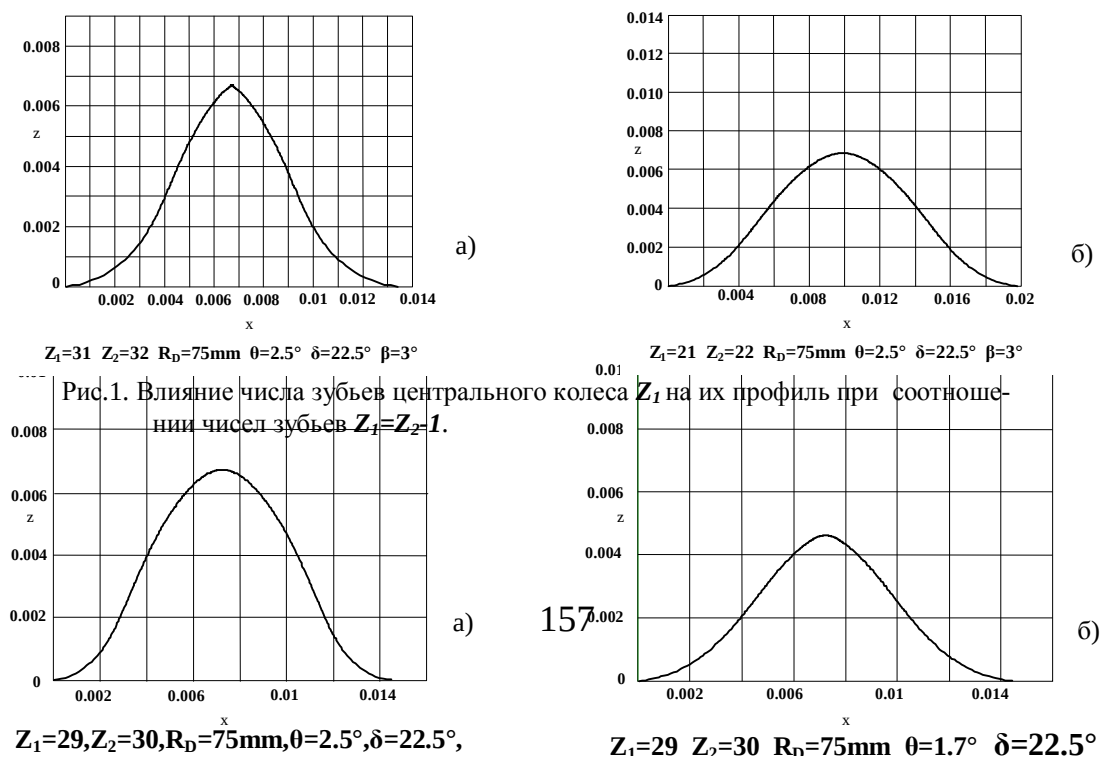
Бостан И., Дулгеру В., Трифан Н. (ТУМ, г. Кишинёв, Республика Молдова)

Fabrication of power precessional transmission toothed wheels by plastic deformation ensures increased qualitative parameters of the hardened teeth superficial layer. In order not to destroy this superficial layer by further chipping the utilization of processing method by plastic deformation for a certain category of driving mechanisms is proposed. This will conduct to some teeth profile errors. This work describes a study on the influence of the gearing geometrical parameters upon the value of teeth profile error.

ВВЕДЕНИЕ

В планетарных прецессионных передачах переход количественных изменений параметров δ , β , θ , и Z_1 в качественные изменения профиля зубьев свидетельствует о возможности создания профилей, удовлетворяющих тем или иным требованиям проектированной передачи [1, 2]. Кроме того, знание степени и направленности влияния на форму профиля зубьев параметров δ , β , θ , и Z_1 позволит на стадии проектирования выбирать их рациональное соотношение, обеспечивающее постоянство передаточной функции и многопарное зацепление. Установлено, что при конкретных значениях углов конуса роликов β , нутации θ , аксоида δ и числе зубьев Z_1 поперечные сечения зубьев на любом конусном расстоянии (диаметре) их расположения подобны. Это означает, что при β , θ , δ , $Z_1 = \text{const}$ диаметр колес не оказывает влияния на форму профиля зубьев, т.е. форма зубьев не зависит от диаметра колес, а только от числа зубьев Z_1 в этом диаметре. Таким образом, диаметр колес d не оказывает влияния на форму профиля зубьев, а только на размеры их поперечных сечений.

Число зубьев и их соотношение определяют угловую скорость и направление вращения сателлита и подвижного центрального колеса, сочетание которых влияет на общее передаточное отношение передачи. Установлено также, что от соотношения зубьев сопряженных колес значительно зависит форма их профиля. Так, на (рис.1) представлены профилограммы зубьев зацепления: $R=75 \text{ мм}$, $\beta=3^\circ$, $\theta=-2^\circ 30'$, $\delta=22^\circ 30'$



при различных числах зубьев $Z_1=31$ и $Z_1=21$, $Z_1=Z_2-1$. Анализ профилограмм показывает, что уменьшение числа зубьев при различном их соотношении по разному влияет на форму профиля. Например, при $Z_1=Z_2-1$ профиль зубьев конвексно-конкавный, а при $Z_1=Z_2+1$ остается конкавным при всех значениях Z_1 . Следовательно, для удовлетворения всевозможных нужд производства наиболее целесообразно использовать соотношение чисел зубьев $Z_1=Z_2-1$. Например, профиль при $Z_2=31$ (рис. 1, а) обеспечивает малые осевые силы в зацеплении, следовательно, малые нагрузки на подшипниковые опоры. Профиль же при $Z_2=21$ (рис. 1, б) способствует высокой многопарности зацепления. Этот профиль в виду большего угла зацепления целесообразно использовать в передачах, работающих в режиме мультипликатора.

При соотношении $Z_1=Z_2+1$ профиль зубьев конкавный и пологий, что делает выгодным их применение в передачах, работающих в режиме мультипликатора, в котором для преобразования вращения сателлита в его же прецессионное движение требуется, чтобы соотношение осевой силы к окружной было как можно большим.

При конкретных Z_1 , β и δ определенное влияние на профиль зубьев оказывает угол нутации θ . При известном диаметре d угол нутации θ предопределяет высоту зубьев, а совместно с числом зубьев в этом диаметре - их полноту, т.е. отношение толщины зуба к его высоте. Влияние угла нутации θ на профиль зубьев при соотношении $Z_1=Z_2+1$ показано на (рис.2, а, б). Из анализа профилограмм следует что угол нутации θ должен выбираться с учетом его влияния на геометрию зуба.

Известно, что контактные напряжения в зацеплении обратно пропорциональны приведенному радиусу кривизны в точках контакта профилей сопряженных зубьев. Следовательно, для повышения контактной прочности зубчато-роликового зацепления необходимо увеличить радиус каждого из сопряженных профилей. Из вышеизложенного следует, что более обобщающим будет изучение влияния на профиль зубьев не радиуса роликов, а угла их конуса β . На (рис. 3, а, б) показано влияние угла конуса роликов β на профиль зубьев при соотношении чисел зубьев $Z_1=Z_2-1$. Это позволит по одной профилограмме определить соотношение кривизны сопряженных профилей или оценить их размеры при любом диаметре колес.

Однако широкие кинематические и функциональные возможности, а также высокие качественные показатели работы прецессионных передач, достигаются не путем фиксации параметров δ , β , θ и Z_1 , а выбором приемлемого профиля зубьев.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

С учетом вышеизложенного, а также на основе анализа степени и направленности влияния параметров δ , β , θ и Z_1 на профиль зубьев, предложены способ и технология обработки зубьев с прецессионным движением инструмента относительно вращающейся заготовки [1, 3]. Данная технология позволяет расширить диапазон изменения параметров δ , β , θ и Z_1 и получить множество профилей на одном и том же оборудовании, используя один и тот же инструмент [1, 4].

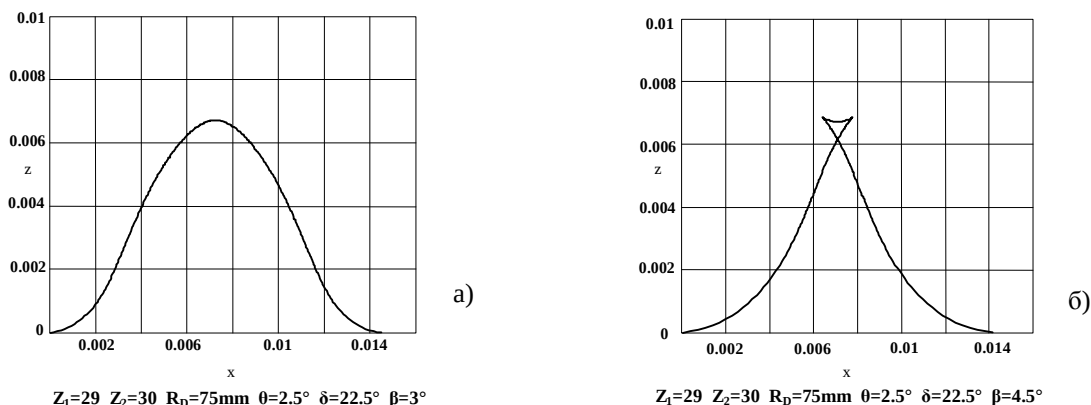


Рис.3. Влияние раствора конических роликов β на профиль зубьев при соотношении $Z_1=Z_2-1$

Реализация способа обработки зубьев обкаткой с помощью механизма коррекции, требует наличия неассуровой связи инструмента с корпусом [5]. Эта связь может быть выполнена в виде зубчатой муфты, одинарного или двойного шарнира Гука, тел качения, расположенных в меридиональных канавках, и др. Связь должна удовлетворять ряду кинематических условий движения инструмента. Кинематическая связь инструмента и обрабатываемой заготовки реализуется приводом деления станка с выполнением условия $\omega_1/\omega_3 = \text{const}$. Из этого следует, что непостоянство передаточного отношения механизма приспособления, зависящего от функции положения механизма, будет влиять на форму профиля зубьев, формируемый инструментом. Таким образом, связь инструмента с корпусом вносит определенную схемную ошибку в форму профиля зубьев. Под схемной ошибкой (рис. 4) $\Delta\psi_3$ следует понимать ошибку отклонения угла поворота заготовки ψ_3 от соответствующего угла поворота этой заготовки y_3^{cp} при равномерном его вращении с передаточным отношением, равным среднему его значению:

$$u_{31}^m = -\frac{z_2 - z_3}{z_3}; \quad (1)$$

$$\Delta y_3 = y_3 - u_{31}^m = \frac{z_2}{z_3} (y - \arctg(\cos q \cdot \operatorname{tg} y)). \quad (2)$$

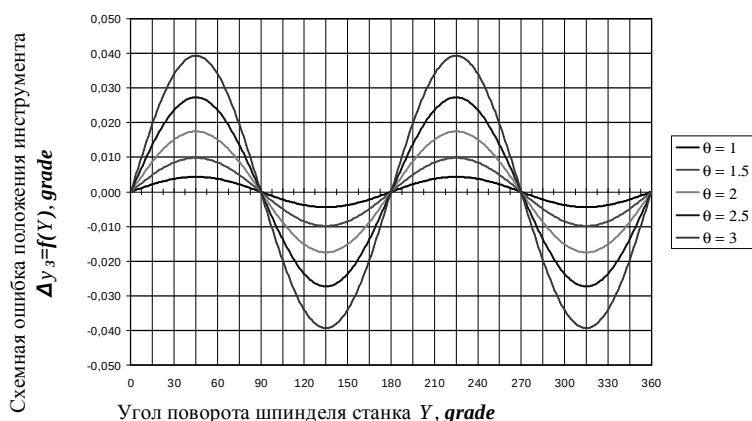


Рис 4. Зависимость схемной ошибки положения инструмента Δy_3 .

Поскольку силы при пластическом деформировании большие в приспособление для пластического деформирования зубчатых колёс отсутствует механизм связи прецессионного узла с корпусом [6]. В этом случае прецессионный узел для пластического деформирования зубьев будет осуществлять прецессионное движение с погрешностью, вызванной механизмом связи, которая переносится профиль зубьев.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ ПРОФИЛЯ ЗУБЬЕВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕЦЕССИОННОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ

С целью определения влияния геометрических параметров прецессионного зацепления на отклонение немодифицированного профиля был осуществлён сравнительный анализ профилей зубьев, описанные параметрическими уравнениями зацепления для модифицированного и немодифицированного профилей.

2.1. Влияние угла конического аксоида зубьев δ на величину отклонения профиля зубьев

Для выявления влияния угла конического аксоида зубьев δ на величину отклонения немодифицированного профиля от модифицированного была разработана программа на компьютере и выполнен ряд математических вычислений координат профиля с изменением угла в диапазоне $\delta=0...33^\circ$. В результате сравнительного анализа полученных результатов был построен график зависимости $D=f(\delta)$ (рис.5). Анализ графика показывает что при углах $\delta < 20^\circ$ величина отклонения немодифицированного профиля по сравнению с модифицированным минимальна и практически не изменяется, а при $\delta > 22^\circ 30'$ значительно возрастает. Например, при увеличении угла конического аксоида зубьев с $\delta=22^\circ 30'$ до $\delta=30^\circ$ величину отклонения возрастает более чем в два раза.

2.2. Влияние угла при вершине конуса роликов β на величину отклонения профиля зубьев

Другой параметр который влияет, на форму профиля зубьев, является угол при вершине конуса роликов β . Оптимальные значения β для всей гаммы существующих профилей зубьев, используемых в прецессионных передачах, находятся в диапазоне $\beta=2...5^\circ$. На основе выполненных расчётов и сравнительного анализа полученных результатов был построен график зависимости $D=f(\beta)$ (рис. 6). Анализ полученной зависимости показывает что она имеет пропорциональный характер. Увеличение угла при вершине конуса роликов β приводит к пропорциональному увеличению от-

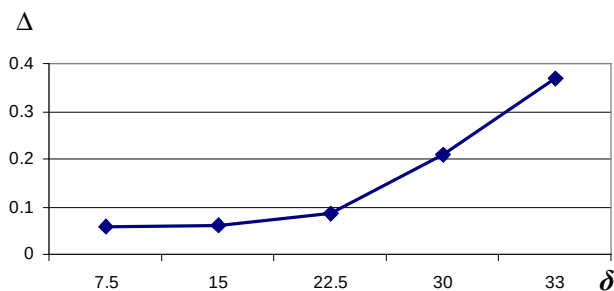


Рис.5 Влияние угла конического аксоида зубьев δ на величину отклонения D модифицированного и немодифицированного профиля (β , θ , Z_1 , -const).

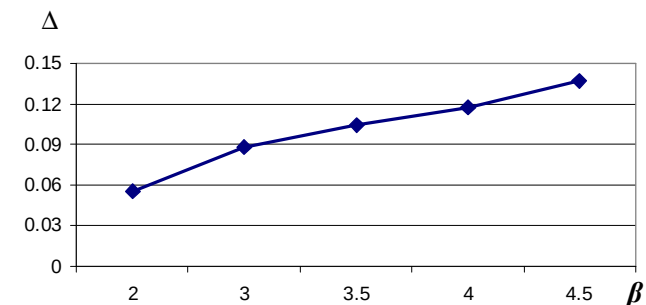


Рис.6. Влияние угла при вершине конуса роликов β на величину отклонения D модифицированного и немодифицированного профиля (δ , θ , Z -const).

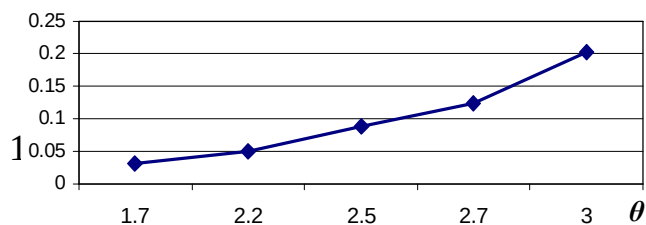


Рис.7. Влияние угла нутации θ на величину отклонения D модифицированного и немодифицированного профиля (δ , β , Z -const).

клонения профиля зубьев D . При увеличении угла при вершине конуса роликов на 1° величина отклонения профиля увеличилось на 30 мкм б что составляет около 30%.

2.3. Влияние угла нутации θ на величину отклонения профиля зубьев

Угол нутации θ влияет в определённой степени на форму профиля зубьев. Из конструктивных и силовых соображений величина выбирается в диапазоне $\theta=(1,5...3)^\circ$. Малые значения используют при проектировании кинематических прецессионных передач, большие - для силовых передач. На основе выполненных расчётов был построен график зависимости $D=f(\theta)$ (рис. 7). График имеет нарастающий характер при увеличении угла θ .

2.4. Влияние числа зубьев Z на величину отклонения профиля

Число зубьев является параметр, который, во многих случаях, определяет передаточное отношение. На основе выполненных расчётов был построен график зависимости $D=f(Z)$ (рис. 8). Анализ полученной зависимости показывает что при $Z_1 < 25$ величина отклонения профиля практически не изменяется. При $Z_1 > 25$ величина отклонения значительно возрастает. При увеличении $Z_1=25$ до $Z_1=31$ величина отклонения увеличивается в 2 раза.

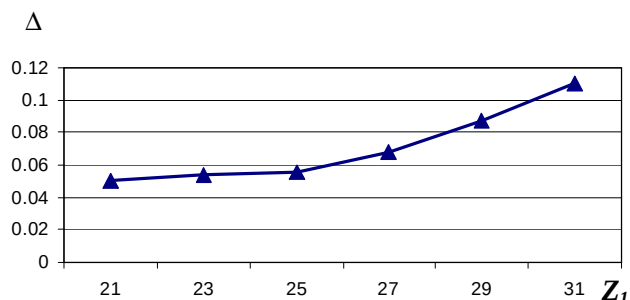


Рис.8. Влияние числа зубьев Z_1 на величину отклонения D модифицированного и немодифицированного профиля ($\delta, \beta, \theta = \text{const}$).

3. ВЫВОДЫ

1. Для некоторых зубчатых передач, к которым не предъявляют высокие технические требования по точности, рекомендуется получать зубчатые колёса пластическим деформированием без последующей механической обработки. Это позволит сохранить наклепанный слой на рабочих поверхностях зубьев, что приводит к уменьшению затрат на их обработку и к повышению нагрузочной способности и срока службы передачи в целом.
2. Установлено, что величина отклонения D меняется при изменении хотя бы одного из основных параметров зацепления δ ; θ ; Z_1 ; β .
3. Для зубчатых колёс, полученных пластическим деформированием без последующей механической обработки, рекомендуются следующие диапазоны изменения основных параметров: $\delta=0...22^\circ30'$; $\theta= 1,5^\circ...2,5^\circ$; $Z_1 \leq 25$; величина угла β выбирается из условия соблюдения многопарности зацепления.

Список литературы: 1. Бостан, И. Прецессионные передачи с многопарным зацеплением, 1991, из. Штиинца, Кишинёв, 356 стр. 2. Бостан, И., Дулгеру, В., Григоращ, С. Прецессионные планетарные и волновые передачи. Аатлас, Из. Техника, Бухарест- Техника, Кишинэу, 1997. 3. Бостан, И., Бабаян, И. Прецессионная передача // Патент №. 1563319 RU, 1995. 4. Бостан, И., Бабаян, И. Способ обработки модифицированных зубьев элементов прецессионной зубчатой пары // Патент №. 1663857 RU. 1995 (для внутреннего пользования). 5. Бостан, И., Цопа, М., Дулгеру, В., Вакуленко, М. Прецессионная передача и способ её осуществления // Патент №. 1886 МД, 2001. 6. Бостан, И., Дулгеру, В., Трифан, Н.

ПОВЫШЕНИЕ НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКОЙ

Бостан И.А., Мазуру С.Г., Переу Е. К. (ГУМ, г. Кишинёв, Молдавия)

In the given work the technological methods of increase of bearing ability of gear transfers are considered. The carried out analysis of existing methods shows that it is necessary to approach to each concrete case individually.

Тенденции развития современного машиностроения, увеличивают рост требований к важнейшему фактору производства – качеству у выпускаемой продукции. Повышение надежности и долговечности деталей машин на данном этапе развития уже трудно обеспечить за счет модификации конструкции изделия, возникает необходимость непрерывного совершенствования технологии изготовления отдельных деталей машин и в частности зубчатых колес.

Одной из тенденций в производстве зубчатых колес является повышение их нагрузочной способности т.е. износостойкости, контактной и изгибной прочности. Технологическое обеспечение надежности зубчатых колес обусловлено совершенствованием методов механической и химико-термической обработки.

Способы увеличения нагрузочной способности зубчатых передач.

Цементация

Результаты экспериментальных работ и обобщения эксплуатационных данных показывают, что с увеличением твердости рабочих поверхностей зубьев существенно возрастает нагрузочная способность зубчатых передач [1]. Оптимальной износостойкостью, изгибной и контактной выносливостью обладает диффузионный слой с концентрацией углерода 0,8 — 1% при глубине упрочнения равной 0,15 от полной толщины зуба. В настоящее время, как в отечественной, так и в зарубежной практике принята поверхностная твердость в пределах HRC 59 — 61 [2]. Однако не всегда максимальной твердости цементированного слоя соответствует наибольшая износостойкость.

Износостойкость цементированных роликов увеличивается при снижении твердости с HRC 62 до HRC 50. В [3] исследуя износ, и контактную прочность роликов из цементуемой стали 18X2H4BA, установлено снижение износостойкости при понижении твердости (до HRC 54). Снижение износостойкости в данных опытах можно объяснить наличием остаточного аустенита, обладающего крайне низкими механическими свойствами (HRC 18 - 19). Таким образом, нет единого мнения о влиянии твердости на износостойкость.

Установлено, что колебание длины общей нормали зубчатых колес $t=5$ мм, изготовленных, из цементуемой стали 12X2H4A, после термообработки (в результате коробления) составляет от 0,03 до 0,05 мм. При этом погрешности отдельных параметров шестерни увеличиваются по мере уменьшения конструктивной жесткости.

Применение шлифования после ХТО несет в себе недостатки, касающиеся производственной сферы. Так, для обеспечения требуемой толщины цементованного слоя в обработанной детали необходимо осуществлять цементацию на заведомо большую глубину (учитывая припуск на шлифование). Увеличение толщины цементованного слоя при средней скорости цементации 0,1 мм/ч вызывает необходимость повышения длительности цементации на 3 - 5 ч и обуславливает возрастание затрат, в первую очередь энергетических. Сюда следует отнести и затраты, связанные с организационно-техническим обслуживанием операции шлифования (затраты на инструмент, его правку, установку, наладку и др.).

Считается, что основное повышение прочности деталей при цементации обеспечивают остаточные напряжения сжатия в поверхностном слое, т.к. предел выносливости самого цементованного слоя очень низок и даже ниже предела выносливости сердцевины металла. По данным [7] наибольшие сжимающие напряжения (36 — 40 кгс/мм) расположены непосредственно на поверхности в слое глубиной до 0,6 мм.

Таким образом, устранить коробление, создать сжимающие остаточные напряжения и нейтрализовать негативные явления, при ХТО можно включив в техпроцесс ППД, положительно влияющее на структуру и свойства обрабатываемой поверхности и создать резерв повышения нагрузочной способности.

Азотирование

По сравнению с цементацией азотирование обеспечивает более высокую твердость при меньшей степени деформации в процессе химико-термической обработки. Повышение эксплуатационных свойств зубчатых передач достигается благодаря изменению химического состава, значительной твердости (до Hv 1200) и остаточных напряжений сжатия (до 110 кгс/мм). При этом азотированный слой характеризуется крайне низкими механическими свойствами (до 0,1 от прочности сердцевины). Вследствие относительно малой величины упрочненного слоя и низкой прочности сердцевины, азотированные зубчатые колеса очень чувствительны к перегрузкам и неравномерности распределения нагрузки.

Азотирование зубчатых колес обеспечивает повышение выносливости при шероховатости поверхности не ниже Ra 1,25 мкм. При большей шероховатости возможно снижение предела выносливости и долговечности зубьев.

По данным [5] зубошлифование существенно снижает упрочняющий эффект, достигаемый на операциях химико-термической обработки, и является причиной многих дефектов, приводящих в эксплуатации к разрушению зубьев. Применение азотирования позволяет исключить дефекты поверхностного слоя в виде прожогов, трещин, растягивающих напряжений и др. характерных для цементации, так как этот вид химико-термической обработки выполняется после зубошлифования и далее зубчатые колеса не подвергаются механической обработке. Однако, не смотря на наибольшую величину поверхностной твердости (до Hv 850) и остаточных напряжений (до 110 кгс/мм), азотирование не применяется для зубчатых передач, работающих в условиях высоких удельных нагрузок. Это связано с недостаточной глубиной упрочненного слоя (до 0,3...0,4 мм).

Закалка ТВЧ

Однако при более сложной конфигурации, например, для зубчатых колес, повышение усталостной прочности в сильной степени зависит от радиуса кривизны галтели зуба, марки стали, глубины слоя и т.д. При повышенном содержании углерода в стали создается неблагоприятное распределение остаточных напряжений, и как следствие, повышенная чувствительность к образованию трещин.

Распределение остаточных напряжений по толщине поверхности закаленных зубьев зависит от величины их модуля. В частности, при $m = 5$ мм радиусы переходных кривых у основания зубьев относительно малы, что может приводить к возникновению в поверхностном слое растягивающих остаточных напряжений.

Для зубчатых колес среднего модуля применяют одновременную закалку всех зубьев. Вследствие сквозной прокаливаемости зубья имеют низкую пластичность и вязкость. В результате такой обработки увеличивается контактная прочность и износостойкость рабочих профилей зубьев, однако снижается усталостная прочность вследствие разупрочнения в месте окончания закаленного слоя. Поэтому шестерни, упрочненные таким образом, эксплуатируют в условиях интенсивного износа, умеренных нагрузок при отсутствии ударов.

Комбинированная упрочняющая обработка

Данная обработка совмещает в единой технологической схеме поверхностную пластическую деформацию и фазовые превращения при термической обработке.

Исследование [6] показывает, что поверхностный слой после ППД и ХТО имеет более равномерную структуру скрытоигольчатого мартенсита в отличие от мелкоигольчатой структуры, получаемой после ХТО без ППД. Отмечено также и меньшее содержание остаточного аустенита (в 2-3 раза) в поверхностных слоях образцов, обработанных по схеме ППД+ХТО по сравнению с образцами, подвергнутыми только ХТО. Установленные факты имели место вследствие того, что дефекты кристаллического строения, полученные при обкатывании, создают иную энергетическую ситуацию. Поэтому в структуре и при последующем фазовом превращении в результате ХТО. Они обуславливают специфичность процессов зарождения и развития зерен, карбидообразование и др. Наибольший эффект упрочнения получили при сочетании режимов ППД и ХТО, обеспечивающих примерно равную толщину упрочненного ППД и диффузионного, при ХТО слоев (усилие накатывания 1500 Н и цементация в течение 16ч) [6]. Данные исследования показали, что применение ППД перед ХТО позволяет сформировать структурное состояние, обеспечивающее повышенные эксплуатационные свойства и высокую стабильность параметров структуры цементованных деталей.

В результате упрочнения ППД косозубых вал - шестерен моторвагонов при исходном структурном состоянии — цементация, закалка и отпуск — были получены следующие характеристики поверхностного слоя зубьев: степень упрочнения возросла на 168%, шероховатость поверхности понизилась с $Rz\ 20\ \mu\text{м}$ до $Ra\ 0,68\ \mu\text{м}$, остаточные напряжения сжатия составили 64,2 кгс/мм. Износостойкость и усталостная прочность увеличилась по сравнению с неупрочненными соответственно в 2 и 1,8 раза. При использовании ППД в технологическом процессе изготовления косозубых шестерен ликвидируется зубошлифование, что исключает необходимость выполнения профиля зубьев с «протуберанцем». Последнее обстоятельство позволяет значительно снизить себестоимость изготовления зубчатых колес.

Таким образом, комбинированная обработка способствует повышению нагрузочной способности зубчатых колес при различных структурных состояниях материала поверхностного слоя.

Электромеханическая обработка

Авторы [1], установили что твердость поверхностного слоя зубьев после ЭМО более чем в 2 раза превышает исходную и распространяется на глубину 0,8 - 1,3 мм.

Упрочнение поверхностным пластическим деформированием

Считается установленным положительная роль поверхностного пластического деформирования (ППД) для повышения изгибной прочности в условиях контактно - усталостного разрушения при эксплуатации. При ППД повышается плотность дислокаций в поверхностных объемах металла, затрудняется их перемещение, повышается уровень сжимающих напряжений, что замедляет процесс зарождения и развития усталостных трещин. Кроме того, дополнительно повышение усталостной прочности связано с уменьшением шероховатости поверхности и получением текстурованной структуры металла.

В работах [8] отмечается эффективность внедрения обкатывания зубьев взамен шевингования. Шестерни, обработанные ППД, отличаются от шевингованных высокой твердостью, усталостной и изгибной прочностью, износостойкостью, меньшей шероховатостью профиля зубьев. Предварительно зубья фрезеруются с теми же припуском и допуском, что для шевингования. Наряду с указанными преимуществами, упрочнение зубчатыми валками имеет ряд недостатков.

В результате упрочнения данным инструментом зубьев крупномодульных зубчатых колес ($t = 20\text{мм}$, $y = 42$, материал - сталь 35ХМА) шероховатость поверхности снизилась с Kg

15-30мкм (исходная после зубофрезерования) до Rz 1,8 мкм, микротвердость и глубина упрочнения возросли соответственно в 1,25 и 4 раза.

Значительно улучшились геометрические характеристики шероховатости и волнистости поверхностей зубьев.

Институтом Сверхтвердых материалов предложен метод обкатки роликами с твердосплавными пластинами. Износостойкость активной части профиля повышается на 30%, нагрузочная способность возрастает на 20%, уменьшается количество остаточного аустенита в поверхностном слое деталей.

Немецкой фирмой «Эрнст Гроб» выпускаются специальные зубонакатные станки, в которых используются роликовые накатники. При вращении накатника ролики одновременно контактируют с поверхностью обрабатываемой заготовки и при кратковременном зацеплении с изделием формируют на ней небольшой участок профиля зуба.

Для упрочнения зубчатых колес применяют чеканку. При этом создаются высокие остаточные напряжения сжатия, и возрастает твердость на 30-50%. Чистота поверхности после чеканки Кг 160- 40мкм. [4].

Алмазное выглаживание является эффективным средством повышения усталостной прочности зубчатых колес. Предел выносливости в результате этого вида обработки может быть увеличен на 17-25%. В некоторых случаях алмазное выглаживание дает возможность повысить предел выносливости в коррозионной среде примерно в 3 раза, а долговечность в несколько раз. Выглаживание уменьшает износ, повышает твердость поверхности, однако нет опыта по применению этого метода для упрочнения тяжело нагруженных зубчатых колес.

Данные свидетельствуют о том, что в процессе термообработки деформация накатанных деталей меньше, чем шевингованных и зубчатый венец детали после обкатки меньше деформируется при термообработке, чем такой же венец после шевингования.

Методы ППД можно применять для повышения сопротивления коррозионной усталости, так как они оказывают высокое сопротивление развитию электрохимической неоднородности. По этой причине превращение равномерной коррозии в резко выраженную неравномерную, развивающуюся в местах максимальных напряжений и являющуюся характерной особенностью коррозионной усталости, сильно тормозится [4].

Все рассмотренные способы применимы для средне - и малонагруженных шестерен, т.к. наиболее нагруженная часть зуба - переходная кривая, недостаточно упрочняется вследствие максимальной скорости скольжения накатника в этой области или упрочнение осуществляется методом единичного деления, который не имеет широкого применения из-за низкой производительности.

Список литературы: 1. Аскинази Б.Д., Шиленков В.Ф. Упрочнение зубчатых колес электрохимической обработкой // Вестник машиностроения. - 1968. - С. 42-44. 2. Асенов А.Д. Технология термической обработки деталей машин. - М: Машиностроение, 1969. -263с. 3. Любарский И.М. Повышение износостойкости тяжело нагруженных шестерен. -М.: Машиностроение, 1965. -131с. 4. Олейник Н.В. Поверхностно-динамическое упрочнение деталей машин. -Киев: Техника, 1984.- 328с. 5. Павлов В.А. Чистовая упрочняющая обработка зубьев крупномодульных зубчатых колес.//Вестник машиностроения . - 1973. - №5. -С.54. 6. Папшев Д.Д. Упрочнение деталей обкаткой шариками. -М.: Машиностроение, 1978. -225с. 7. Сидорин И.И., Генкин М.Д., Рыжов Н.М. Остаточные напряжения в поверхностном слое профилей зубьев и их влияние на долговечность зубчатых колес // Вестник машиностроения . -1965. - №2. -С.56-59. 8. Яковлева А. П. Влияние пластической деформации на структуру и

твердость цементованного слоя зубчатых колес. // Тезисы докладов международной конференции. -М: Изд-во ИГТУ им.Баумана, 2005г. -С.266.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ СЕРЕБРЯННЫХ СПЛАВОВ НА УСТАНОВКЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ

Бредихин В.Н., Кожанов В.А., Беленький А.В., Кушнерова Е.Ю.
(ДонНИПИЦМ, ДонНИПИЦМ, ДонНИПИЦМ, ДонНТУ, Донецк, Украина)

The influence of the process parameters on the quality characteristics of the silver alloys in continuous casting units is investigated. The favorable casting modes to produce maximum good yield are determined.

Современные требования предъявляемые к качеству деформированных профилей из драгоценных металлов (ДМ) и их сплавов диктуют необходимость качественного заготовительного литья. Одними из наиболее эффективных, в условиях мелкосерийного производства профилей из ДМ, является метод вертикального непрерывного литья заготовок. Многофункциональные установки вертикального непрерывного литья (УВНЛ) хорошо зарекомендовали себя на отечественных предприятиях, выпускающих продукцию из ДМ. В их числе установка СС 3000 компании INDUTHERM, Германия (рис.1) с помощью которой возможно не только производить литые профили различных типоразмеров, но и отливать вакуумированный металл. Использование такого оборудования существенно повышает выход годного готовой продукции, снижает потери ДМ и себестоимость изделий. Однако, установки не обеспечиваются технологическим сопровождением для производства стандартизированных на территории Украины сплавов ДМ.



Рис. 1. Установка вертикального непрерывного литья СС 3000,
режим литья пять ручьев Ø 5мм (Ag 99,99).

Целью исследований было разработка технологических режимов производства литых профилей из стандартных отечественных сплавов ДМ на установке СС 3000.

Исследовали влияние технологические параметры процесса литья на качество литых полуфабрикатов из серебра марки Сr99,99 (ГОСТ 6836-80) и его сплавов:

СрМ925 (ГОСТ 30649-99), ПСр72, ПСр65, ПСр45 (ГОСТ 19738-74) и СрМ0,2 (ТУ 48-1-427-78).

Предварительно сплавы готовили в печах сопротивления в графитовых тиглях по существующим технологиям. При непрерывном литье плавку проводили в инертной среде (аргон) индукционной печи установки СС 3000 в графитовом тигле вместимостью 20кг по серебру.

Для формирования профилей использовали медные водоохлаждаемые кристаллизаторы с графитовой вставкой для формирования трёх типов заготовок: полоса 100•5мм; прутки Ø 29мм и пять ручьёв проволока Ø 4 мм.

В процессе эксперимента варьировали следующие технологические параметры: температуру расплава, режим охлаждения кристаллизатора, время выдержки, шаг вытягивания, давление инертного газа в печи. Перемешивание расплава на различных стадиях процесса литья поддерживали в автоматическом или в ручном режимах, табл.1. Визуальный осмотр полученных непрерывным литьем заготовок показал, что их поверхность чистая, гладкая, без трещин и неслитин. Шлаковые и неметаллические включения на поверхности не обнаружены.

Сплавы, содержащие цинк (ПСр65, ПСр45), менее технологичны при их литье на установке СС 3000, по сравнению с другими исследуемыми сплавами. Зафиксированы частые случаи холодного обрыва профилей из указанных сплавов в кристаллизаторе, что связано в первую очередь с избыточным трением между металлом и материалом кристаллизатора. Профили из сплавов ПСр65 и ПСр45 вытягивали с минимальным шагом вытягивания, в узком интервале температур расплава, с максимально высокой температурой кристаллизатора, с использованием дополнительной смазки кристаллизатора и избыточного давления аргона в рабочей камере.

Таблица 1. Технологические режимы непрерывного литья сплавов серебра

Марка сплава	Вид заготовки	Температура кристаллизатора, °С	Температура расплава, °С	Шаг вытягивания, мм	Время паузы, сек
Ср 999,9	полоса 5•100 мм	76	1060	2	0,7
СрМ 925	полоса 5•100 мм	86	1010	2	0,5
СрКМ 925-0,2	полоса 5•100 мм	70	1010	1	0,7
СрМ 0,2	проволока Ø 4мм	80	1070	1	0,7
ПСр 72	полоса 5•100 мм	70	880	1	0,7
ПСр 65	полоса 5•100 мм	78	860	1	0,7
Ср 999,9	проволока Ø 4мм	75	1060	1	0,5
Ср 999,9	проволока Ø 4мм	75	1050	3	0,7
ПСр 45	пруток Ø 29мм	60	860	1	0,4
ПСр 45	проволока Ø 4мм	65	830	1	0,7

ПСр 45	проволока Ø 4мм	75	830	2 реверс 1	0,6
--------	--------------------	----	-----	------------	-----

Установлено, что сплавы типа ПСр65 и ПСр45 значительно быстрее изнашивают рабочую поверхность графитовых вставок кристаллизаторов, чем другие исследуемые материалы.

Наилучшее качество поверхности получали у полуфабрикатов, отлитых с минимальным шагом вытягивания или при использовании в цикле обратного шага вытягивания.

Применение избыточного давления аргона в плавильной камере дает положительный результат, выражающийся в существенном сокращении холодных обрывов. Этот режим в основном применяли при литье проволоки Ø 4 мм, а также при литье полосы 100•5 для сплавов ПСр65, СрМ925 и ПСр72.

Исследовали влияние продолжительности процесса непрерывного литья на химический состав сплавов. Для этого отбирали образцы из профилей сплавов на химический анализ в начале и в конце процесса непрерывного литья. Результаты исследования показали, что в начале и в конце процесса материал слитка однороден по химическому составу, массовая доля элементов находится в пределах, допустимых соответствующей нормативной документации, табл.2.

Исследовали качество металла профилей, макро и микроструктуру сплавов методом качественной металлографии (рис..2÷.8).

Качественный металлографический анализ микроструктуры сплавов проводили на металлографическом микроскопе «НЕОРНОТ-30» и РЭМ «САМЕВАХ».

В результате металлографических исследований установлено, что металл профилей, отлитых на установке СС 3000 – плотный, без пор и инородных включений. Закиси меди в медьсодержащих сплавах не обнаружено. Морфология структурных составляющих сплавов в непрерывнолитых заготовках отличается от заготовок, разлитых в металлические кокили наполнением, дисперсностью выделений и их ориентацией в соответствии с направленным фронтом кристаллизации при непрерывном литье. Различий в фазовом составе изучаемых сплавов, отлитых в кокили или на УВНЛ СС 3000, не обнаружено. Установлено наличие дендритной ликвации элементов в сплавах заготовок, отлитых в кокили, и практически отсутствие ее в непрерывнолитых сплавах. Макро и микроструктура сплавов в непрерывнолитых заготовках характеризуются технологически благоприятной морфологией структурных составляющих для дальнейшей обработки давлением. Результаты металлографических исследований подтверждаются результатами испытаний механических свойств сплавов. Испытания непрерывнолитой проволоки на одноосное растяжение проводили в соответствии с ГОСТ 10446-80 на универсальной разрывной машине 123У-10. Результаты механических испытаний приведены в табл.3.

Таблица 2. Результаты химического анализа сплавов профилей

Марка сплава	№ плавки	Массовая доля элементов, %		
		Ag	Cu	Zn
ПСр45	13.22(э)...05			
	пр. № 2 (начало) пр. № 2 (конец)	44,59 44,88	29,79 30,19	Ост. Ост.
ПСр45	13.34(э)...05			
	пр. № 1 (начало) пр. № 2 (конец)	45,03 44,98	29,62 30,03	Ост. Ост.

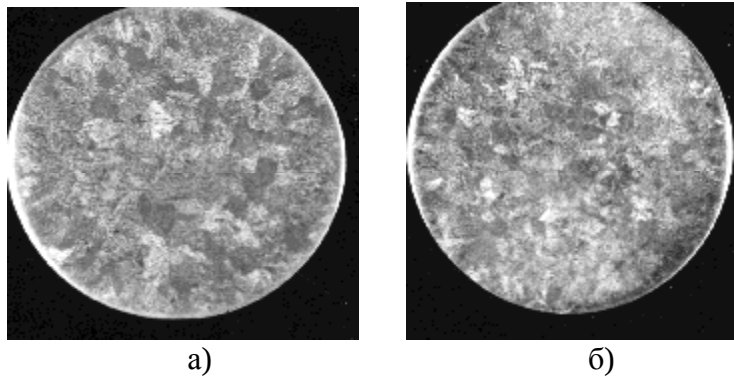
Таблица 3 Механические свойства проволоки Ø4мм из серебра и его сплавов

Марка сплава	Механические свойства		
	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
Ср999,9	124	65	28,5
СрМ0,2	138	75	25,0
ПСр45	460	329	22,0

Холодная и горячая обработки давлением непрерывнолитых заготовок серебра и его сплавов показала значительные преимущества перед заготовками, отлитыми наполнительным литьем в металлические кокилы. В результате использования заготовок, полученных методом непрерывного литья улучшилось качество готовой продукции, существенно увеличился выход годного (табл. 4), снизились потери ДМ. Сократились маршруты по переделу обработки давлением, уменьшилось количество промежуточных термических обработок.

Таблица 4 Выход годного продукции в зависимости от способа литья заготовок

Вид продукции и марка сплава	Литье методом наполнения, выход годного, %	Разливка заготовок на УВНЛ, выход годного, %
Проволока:		
ПСр45	80,0	98,9
Ср999,9	83,6	99,2
СрМ0,2	82,5	99,1
Полоса:		
Ср999,9	76,5	98,0
СрМ925	76,7	97,9
ПСр72	27,8	74,5
ПСр65	50,2	75,0



а)

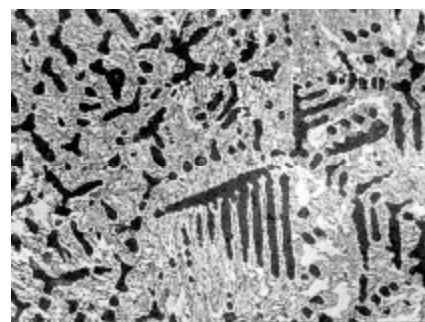
б)

Рис. 2. Макроструктура сплава ПСр 45, непрерывное литье, прутки Ø 29мм, х 1,5:

а) начало слитка; б) конец слитка



а) х 200

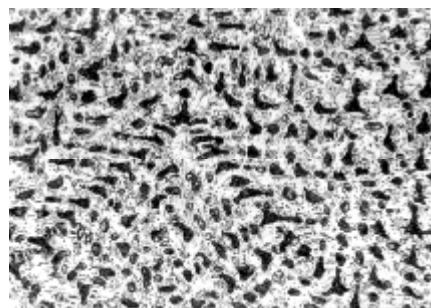


б)х400

Рис. 3. Микроструктура сплава ПСр 45, непрерывное литье (Ø 29мм), (начало слитка)



а) х 200



б) х 400

Рис. 4. Микроструктура сплава ПСр 45, непрерывное литье (Ø 29 мм), (конец слитка)

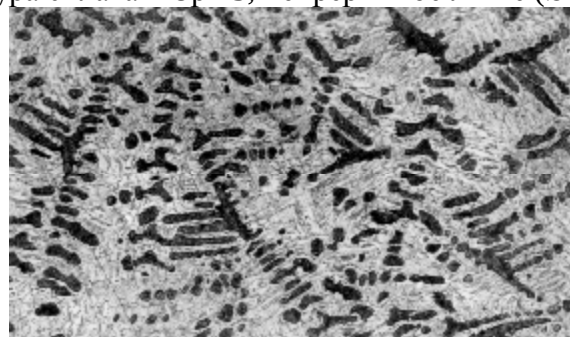


Рис. 5. Микроструктура непрерывнолитой проволочной заготовки, из сплава ПСр 45, Ø 4 мм, х 400

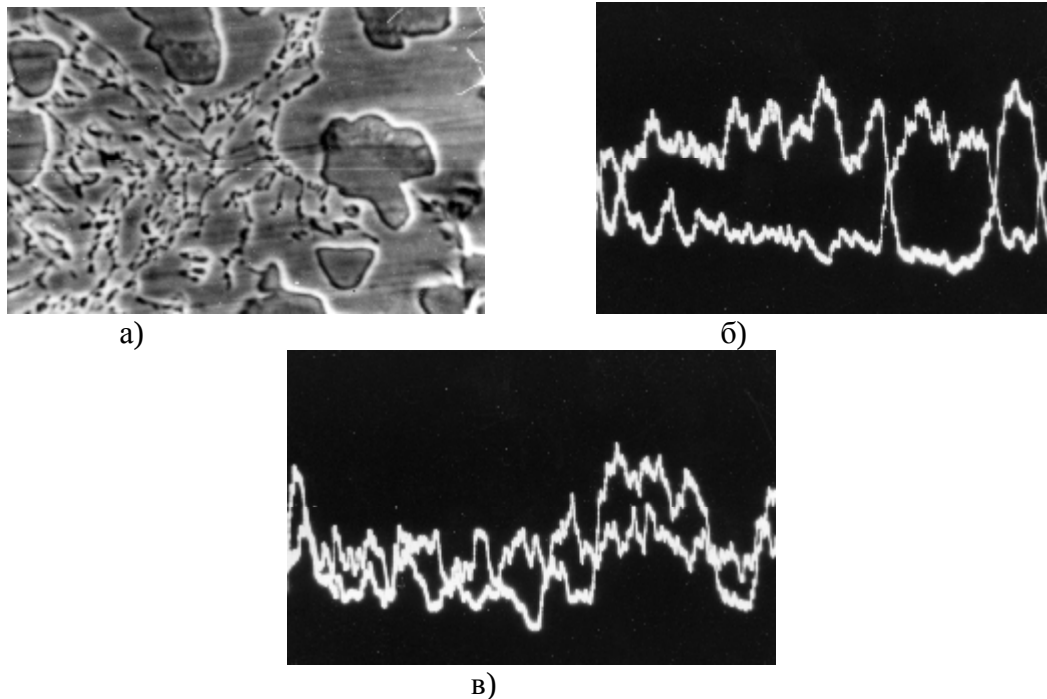


Рис. 6. Сканограмма микроструктуры припоя ПСр 45 во вторичных электронах
а) концентрационные кривые распределения интенсивности рентгеновского излучения $AgL\alpha_1$, $CuK\alpha_1$; б) и $ZnK \alpha_1$, $CuK \alpha_1$; в) $\times 2000$

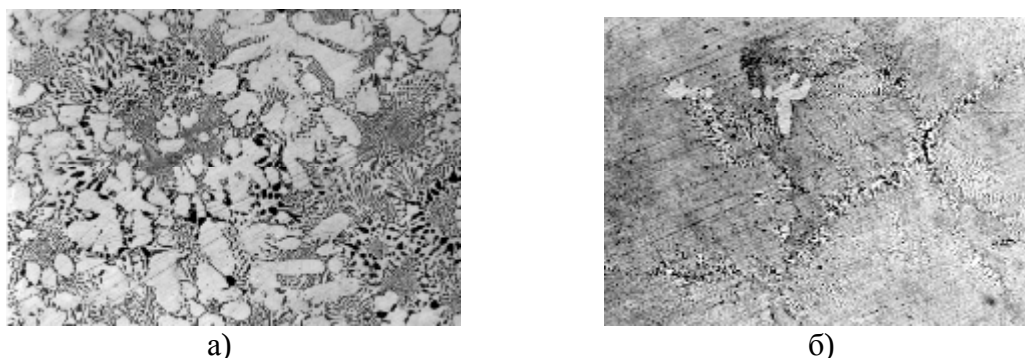


Рис. 7. Микроструктура сплава ПСр 65 а) ПСр 72 ; б) непрерывное литье, полоса, $\times 400$

Список литературы: 1. Емельянов В.А. Тепловая работа машин непрерывного литья заготовок. М.: Металлургия, 1988.-278с. 2. Малышев В.А., Румянцев Д.В. Серебро. М.: Металлургия, 1976.-312с.

К ВОПРОСУ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СЛИТКА НА УСТАНОВКАХ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ

Бредихин В.Н., Кушнерова Е.Ю., Кушнеров В.Ю.
(ДонНИПИЦМ, ДонНТУ, Донецк, Украина)

The force-balance temperature sensor for the ingot surface in continuous casting of copper alloys has been developed. The calculation of mechanical and thermal properties of the sensor has been done. The computation of the measurement relative error is given.

Для автоматизации технологического процесса на установках горизонтального непрерывного литья (УГНЛ) необходим непрерывный контроль температуры поверх-

ности заготовки на выходе её из кристаллизатора. Отсутствие информации по этому каналу приводит не только к снижению качественных показателей отливаемой заготовки, но и к аварийным ситуациям - горячему или холодному обрыву.

Одним из методов измерения температуры поверхности движущихся твердых тел с высокой температурой (600÷800°C) является метод контактной пирометрии, который благодаря простоте и надежности широко применяется в промышленности. Однако при его использовании возникают трудности в обеспечении точности измерения, так как при соприкосновении измерителя с нагретой поверхностью тела происходит теплоотвод по термоприёмнику, что приводит к искажению первоначального температурного поля исследуемого объекта. Наличие термического сопротивления в зоне контакта ведет к тому, что температура чувствительного элемента датчика отличается от измеряемой температуры поверхности заготовки.

Исследование проведено при литье бронзовых и латунных заготовок сплошного сечения диаметром 40÷150мм, а также полых заготовок с толщиной стенки более 0,1 от её диаметра. Режим вытягивания стоп-стартовый, температура заготовки на выходе из кристаллизатора 650÷800°C.

В первом приближении передача тепла через зону контакта осуществляется одновременно тремя путями:

$$1/R_k = 1/(R_n + R_T) + 1/R_c + 1/R_b, \quad (1)$$

где R - термические сопротивления, в том числе: R_n - на поверхности объекта измерения; R_T - на поверхности термоприёмника; R_c - газовой среды; R_b - излучения.

Термическая проводимость контакта в значительной степени зависит от нагрузки на соприкасающихся поверхностях и для мягких хорошо теплопроводных металлов (медь, бронза, титан) носит экспоненциальную зависимость.

Датчик закреплён не на поверхности заготовки, а на специальной штанге. К конструкции датчика предъявляются специальные требования – хорошая тепловая изоляция, малая инерционность и значительная механическая прочность при температурах 750±50°C.

В основу разработки датчика положен метод измерения компенсации теплоотвода по термоприёмнику в процессе измерения путём дополнительного подогрева термомпары с помощью специального нагревателя, рис. 1.

Точность компенсации теплоотвода определяется погрешностью формирования управляющего сигнала, который подаётся на вход фазочувствительного усилителя через фильтр нижних частот.

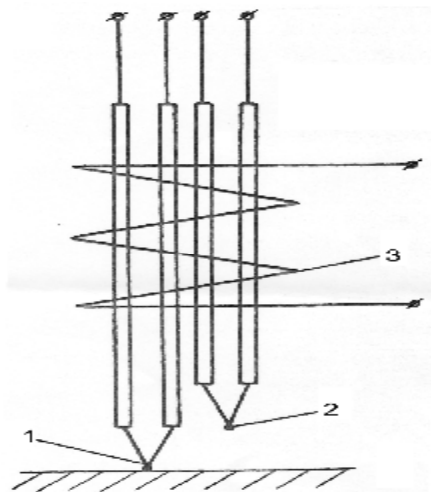


Рис.1. Датчик компенсационного измерения температуры:
1 –измерительная термопара, 2- вспомогательная термопара, 3-нагреватель.

$$\Delta E = E_1(t, \theta_1) - E_2(t, \theta_2) \quad (2)$$

где, $E_1(t, \theta_1)$ - т.э.д.с. измерительной термопары, рабочий спай которой находится в термическом контакте с поверхностью заготовки;

$E_2(t, \theta_2)$ - т.э.д.с. контрольной термопары, рабочий спай которой отделён зазором от поверхности заготовки.

Конструкция датчика с термокомпенсацией теплового потока вдоль термочувствительного элемента показана на рис.2

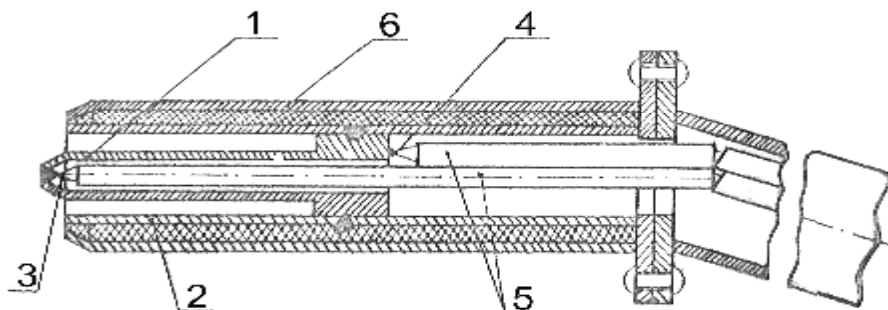


Рис. 2. Конструкция датчика с термокомпенсацией:
1 - экран, 2 - нагреватель, 3 - спай основной термопары, 4 - спай вспомогательной термопары, 5 – электроды термопар, 6 – кожух датчика.

Датчик содержит термочувствительный элемент с вваренными в него двумя термопарами типа ХА. Термочувствительный элемент помещён внутрь цилиндрического экрана и приварен к нему. Сверху экрана расположен нагреватель выполненный из платиновой проволоки. Вся конструкция термодатчика помещена в кожух с фланцем, который крепится к несущей штанге через тепловой изолятор.

Конструктивные размеры элементов датчика выбирались из условия получения наибольшей чувствительности датчика. Чувствительность датчика зависит, прежде всего, от теплового сопротивления между концом термочувствительного элемента контактируемого с измеряемой поверхностью и экраном датчика. Чем больше это сопротивление, тем выше чувствительность датчика.

При контакте датчика с движущейся заготовкой на термочувствительный элемент датчика действует изгибающая сила P , рис.3. Возникающие при этом напряжения в сечении термочувствительного элемента на расстоянии x от точки приложения силы P , определяется выражением:

$$\sigma_{(x)} = (P \cdot x) / W \quad (3)$$

где, $W = \{(\pi D_{(x)}^3) / 32\} \cdot [1 - (d^4 / D_{(x)}^4)]$;

$D_{(x)}$ – внешний диаметр термочувствительного элемента на расстоянии x от точки приложения силы P ;

d – внутренний диаметр термочувствительного элемента.

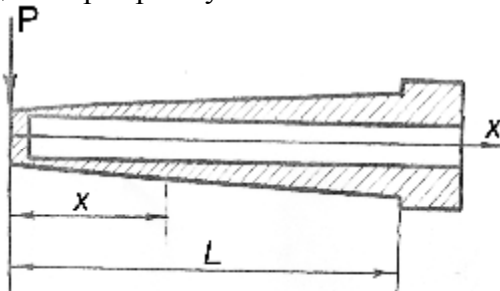


Рис. 3. Схема действия изгибающей силы на термоэлемент датчика

Лучшей конструкцией термочувствительного элемента будет такая, которая удовлетворяет следующему условию:

$$(D_{(L)}^3 / L) \cdot [1 - (d^4 / D_{(L)}^4)] = (D_{(x)}^3 / x) \cdot [1 - (d^4 / D_{(x)}^4)]. \quad (4)$$

При этом напряжения в любом сечении x будут одинаковыми, а тепловое сопротивление термочувствительного элемента при заданной прочности будет наибольшее. Решение задачи по определению теплового сопротивления датчика в целом можно упростить, если пренебречь во всех сечениях термочувствительного элемента радиальным градиентом температур:

$$(D_{(x)} - d) / L \ll 1. \quad (5)$$

При неполной термокомпенсации теплового потока вдоль термочувствительного элемента, температуру экрана принимаем постоянной по всей площади и отличающейся на $\Delta\theta$ от температуры термочувствительного элемента в зоне контакта с измеряемой поверхностью.

При принятых допущениях дифференциальное уравнение для распределения температуры вдоль термочувствительного элемента имеет следующий вид:

$$(\partial^2 \theta / \partial x^2) - k \cdot (\theta_{(x)} - \theta_{\text{эк}}) = 0. \quad (6)$$

с граничными условиями $\theta|_{x=0} = \theta_{\text{п}} - \Delta\theta$; $\theta|_{x=L} = \theta_{\text{эк}}$

где, $\theta_{(x)}$ – температура чувствительного элемента на расстоянии x от измеряемой поверхности;

$\theta_{\text{эк}}$ – температура экрана;

$\theta_{\text{п}}$ – температура измеряемой поверхности;

$\Delta\theta_k$ - падение температуры на контактном тепловом сопротивлении между измеряемой поверхностью и термочувствительным элементом.

Тепловое сопротивление датчика определяется следующим выражением:

$$R_d = [\theta_{\text{экp}} - (\theta_n - \Delta\theta_k)] / Q. \quad (7)$$

где, Q – тепловой поток на границе контакта датчика с измеряемой поверхностью.

В нашем случае, когда термочувствительный элемент имеет форму цилиндра тепловое сопротивление датчика находим из следующего выражения:

$$R_d = (R/G)^{1/2} \cdot \text{th}[(R \cdot G)^{1/2} \cdot L], \quad (8)$$

$$R = \pi \cdot \lambda_1 \cdot (D^2 - d^2), \quad (9)$$

$$G = (2 \cdot \pi \cdot \lambda_2) / [\ln(D/D_3)]. \quad (10)$$

где λ_1 - теплопроводность материала термочувствительного элемента;

λ_2 - теплопроводность среды между термочувствительным элементом и экраном;

D_3 - диаметр экрана.

Для определения оптимальной конструкции датчика были выполнены расчёты его теплового сопротивления для различной длины термочувствительного элемента и зазора между экраном и основанием термочувствительного элемента Δ , а также для различных значений величин W/L , характеризующей прочность датчика. Вычисленные значения $D_{(xi)}$ для равнопрочной конструкции термочувствительного элемента проводилась на каждом шаге итераций до тех пор, пока $D_{(xi)} - d \geq 0,0005$ м. В дальнейшем из условий технологичности изготовления термочувствительного элемента было принято:

$$D_{(xi)} = d + 0,0005 \text{ м}. \quad (11)$$

Наиболее подходящим металлом для изготовления термодатчика имеющий малую теплопроводность, высокие прочностные свойства при высоких температурах удовлетворяет титан. В качестве теплоизолирующей среды между термочувствительным элементом и экраном принят воздух.

Также принято, что конвективные потоки отсутствуют, а вклад излучения в передачу тепла при значениях температур $700 \div 800^\circ\text{C}$ незначителен. Внутренний диаметр термочувствительного элемента выбран с учётом диаметра электродов термопар с изоляцией. Результаты расчётов представлены на рис.4.

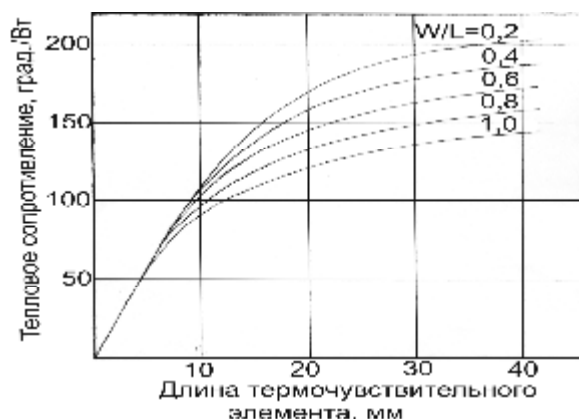


Рис.4. Зависимость теплового сопротивления (W) датчика от длины (L)

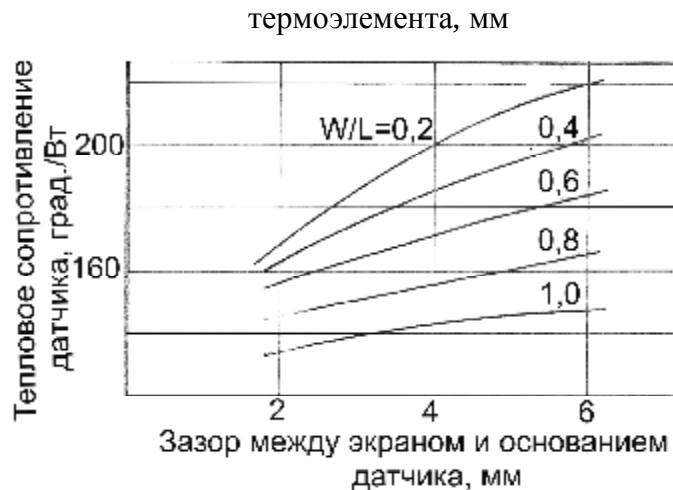


Рис.5. Зависимость теплового сопротивления (W) датчика от зазора (экран - основание термоэлемента), мм

Из рис.4 видно, что выбирать чрезмерно большой запас прочности термочувствительного элемента не рационально, т.к. это ведёт к снижению теплового сопротивления датчика, а, следовательно, его чувствительности. Нами было выбрано $(W/L)=0,4$ при этом в диапазоне рабочих температур максимально допустимое усилие, приложенное к термочувствительному элементу составляет $P=51Н$.

Угол наклона кривых на рис.4 с увеличением длины термочувствительного элемента резко уменьшается. Поэтому длина термочувствительного элемента более 30мм не желательно. На рис.5 представлена зависимость теплового сопротивления датчика от зазора между экраном и основанием термочувствительного элемента. Увеличивать зазор имеет смысл только при малых значениях W/L . Однако, увеличение зазора ведёт к увеличению теплоёмкости экрана и нагревателя датчика, а, следовательно, увеличивает инерционность датчика. В конструкции датчика приняты: длина термочувствительного элемента $L=30мм$, зазор между экраном и основанием термочувствительного элемента $\Delta=2мм$.

Для конкретного значения диаметра при отсутствии информации о режиме вытягивания оценка истинной температуры определяется следующим выражением:

$$\theta_n = k_2 \cdot \theta_{пк}. \quad (12)$$

где k_2 - коэффициент, учитывающий систематическую ошибку, при литье заданного диаметра заготовки. Значение k_2 выражается через математическое ожидание $ср_2$ относительной ошибки, взятое по множеству значений для конкретного диаметра:

$$k_2 = (1 - \Delta ср_2)^{-1}. \quad (13)$$

Методом наименьших квадратов, для $\Delta ср_2$ была получена функциональная зависимость от диаметра заготовки:

$$ср_2 = Ad + B. \quad (14)$$

На рис.6 представлены зависимости $\Delta\sigma_{p2}$ нижней и верхней границ доверительного интервала (95% уровень значимости) от диаметра заготовки.

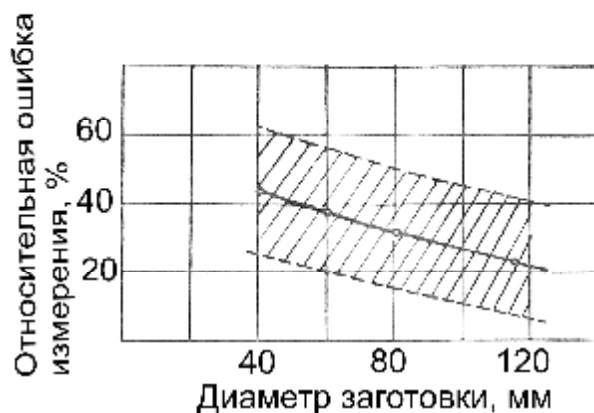


Рис. 6. Зависимость относительной ошибки измерения от диаметра отливаемой заготовки

После математической обработки получена зависимость $\Delta\sigma_{p3}$ от параметров режима вытягивания. Так для диаметров $d=40\text{мм}$ и $d=60\text{мм}$ зависимости имеют соответственно вид:

$$\Delta\sigma_{p3}=1,89073-0,57193\cdot f-3,36915\cdot\{1+(\tau_0/\tau_b)\}^{-1} \quad , \quad (15)$$

$$\Delta\sigma_{p3}=1,2801-1,9617\cdot\{1+(\tau_0/\tau_b)\}^{-1}-0,018743\cdot z\cdot f \quad . \quad (16)$$

где, $f=1/\tau_{ц}$ - частота циклического вытягивания заготовки.

Случайная составляющая относительной ошибки измерения температуры поверхности, как и должно быть, имеет нулевое математическое ожидание, а доверительный интервал на 95% уровне значимости не превосходит 2% для любого конкретного множества значений параметров режимов вытягивания и диаметра.

Анализ переходных процессов показал, что средняя величина постоянной времени релаксации, характеризующая инерционность датчика находится в диапазоне 20÷25сек. Анализ данных показывает, что влияние параметров режимов вытягивания и диаметров заготовки на величину относительной ошибки измерения не значимо, табл.1.

Таблица 1. Относительная ошибка измерения поверхности температуры заготовки датчиком с термокомпенсацией

№ п/п	Диаметр заготовки, d, мм	Режим вытягивания заготовки			Относительная ошибка измерения температуры поверхности
		Шаг вытягивания, Z мм	Отношение времён, τ_0/τ_b	Частота цикличности, $f=1/\tau_{ц}$, сек	
1	40	40	1,53	0,1042	0,0385
2	40	40	1,53	0,1734	0,0313
3	40	20	1,8	0,4	0,0303
4	40	20	1,8	0,2083	0,04
5	60	50	1,3	0,087	0,0336
6	60	30	1,4	0,1887	0,0313

7	115	20	1,5	0,0526	0,0290
---	-----	----	-----	--------	--------

Погрешность измерения на 95% уровне значимости не превосходит 2% по всему диапазону измерения.

Результаты испытаний показали высокую надежность датчика, а также возможность его использования в системе контроля и регулирования процессов на установках горизонтального непрерывного литья.

Список литературы: 1. Кулаков М.В., Макаров В.И. Измерение температуры поверхности твердых тел. М., «Энергия», 1969. 2. Паперный Е.А., Эйдельштейн И.Л. Погрешности контактных методов измерения температур. М., «Энергия», 1966.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПАРОМАСЛЯНОЙ РЫБООБЖАРОЧНОЙ ПЕЧИ

Будченко Н.С. (КГТУ, г. Калининград, Россия)

The frying-fish process demands greater expenses of energy and oil. The problems in decrease in expenses of resources on a mass unit of fried production and to increase its qualities solved in given work, are actual for fish-canning manufacture.

The following basic directions on decrease in the technological cost price of manufacture of the fried fish are used: stabilization of process of loss of a moisture in frying fish at a rational level, reduction of time spent for preparation of the furnace to work, local overheats of oil at start and in near stationary operating mode of the furnace. The decision of the above-stated problems is the most effectively at the complex approach providing perfection of control systems and the equipment.

Процесс обжаривания требует больших затрат энергии и масла. Задачи по снижению затрат ресурсов на единицу массы обжаренной продукции и повышению ее качества актуальны для рыбоконсервного производства.

Используются следующие основные направления по снижению технологической себестоимости производства обжаренной рыбы: стабилизация процента у жаривания рыбы на рациональном уровне, уменьшение времени, затрачиваемого на подготовку печи к работе, локальных перегревов масла при запуске и в квазистационарном режиме работы печи. Решение вышеуказанных проблем наиболее эффективно при комплексном подходе, предусматривающем совершенствование систем управления и оборудования.

Методом математического моделирования показано, что снижение затрат энергии и масла, а также времени подготовки печи к работе можно достичь совершенствованием конструкции, включая согласование формы теплообменника с потребляемой мощностью и системы управления печью, для стабилизации потери массы рыбы при изменяющихся свойствах сырья и давления пара в подводящей магистрали.

Адаптация температуры масла к свойствам сырья, исходя из минимизации отклонения потери массы при обжаривании от заданного значения, базируется на результатах измерений порций рыбы на входе и выходе из печи.

Основные технические предложения по совершенствованию рыбообжарочной печи изложены в свидетельстве на полезную модель №27466 [1] и патенте на изобретение №2233109 [2].

Уменьшение расхода масла и энергозатрат достигается за счет выбора рациональной формы теплообменника; использования сетки, которая расположена непосредственно под теплообменником таким образом, что обе ее ветви охватывают пассивный слой масла; каскадной системы регулирования температуры масла и адаптации задания регулятору температуры масла по результатам циклического измерения потери массы рыбой; совершенствования устройства утилизации пара в теплообменнике печи.

Совокупность рассматриваемых технических решений позволяет сократить время выхода печи на рабочий режим на 3 минуты, что составляет 0,5 % при двухсменном графике работы линии и уменьшает подводимую теплоту на 30000 кДж.

Схема модернизированной рыбообжарочной печи, оснащенной средствами автоматизации, приведена на рисунке 1.

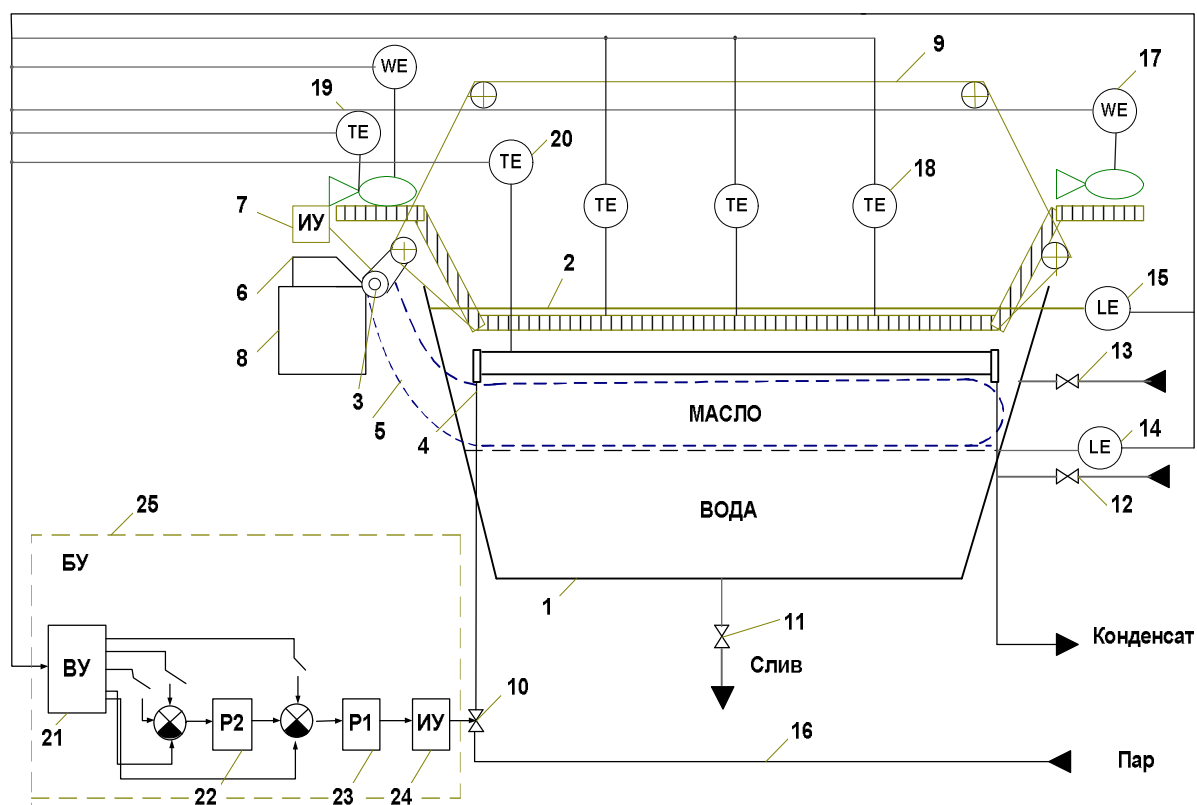


Рис. 1. Функциональная схема модернизированной рыбообжарочной печи.

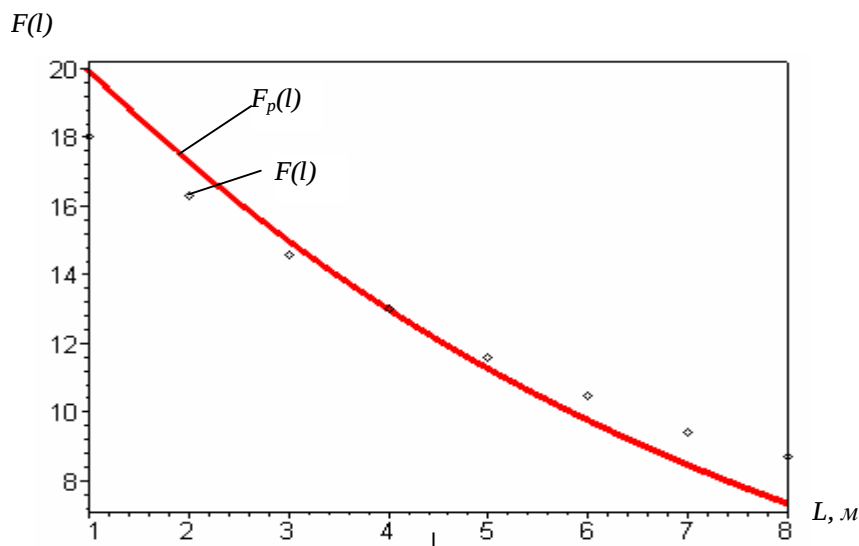


Рис.2. Распределение поверхности теплообменника по длине печи;
где * - результат расчета по формуле 4.

Результат математического моделирования распределения температуры активного слоя масла по длине печи, показывает, что при $F(l) = const$, т.е. при постоянной площади теплообменника на единицу длины печи неравномерность температуры активного слоя масла в установившемся режиме достигает 20 °С, а время выхода на режим 490 сек.

Увеличить выпуск готовой продукции за счет сокращения времени нагрева печи, расхода масла и энергии можно, изменив форму теплообменника, следуя следующей зависимости:

$$F(l) = \frac{1}{a(t_m^k - t_m^h)} [N_p(l) + N_{nom}], \quad (1)$$

где l - длина печи, м; a - коэффициент теплоотдачи от нагретого масла к холодному, Вт/(м²К); t_m^h - начальная температура масла, °С; t_m^k - конечная температура масла, °С; $N_p(l)$ - мощность, подводимая к обжариваемому продукту, включая $N_{пот} = N_{изл.} + N_{м.пасс.}$ - потери энергии за счет излучения с поверхности зеркала масла и в пассивный слой, Вт.

Потери энергии интегрально слабо зависят от распределения температуры масла по длине печи.

Форма теплообменника, определяемая зависимостью (1) и (рис.2) позволяет выравнивать температуру масла вдоль печи в установившемся режиме, но не обеспечивает необходимую температуру масла по длине печи.

Теплообменник, рассчитанный по зависимости (1), обеспечивает стабилизацию температуры масла по длине печи в пусковом режиме, температура масла в конце печи не успевает достичь заданного значения. Устранить указанный недостаток можно, если погонная площадь теплообменника на выходе продукта из печи вычислить, исходя из уравнения теплового баланса, составленного без учета теплового потока, передаваемого вдоль печи, и постоянства давления пара в теплообменнике:

$$F(L) = \frac{1}{a(t_m^k - t_m^h) \cdot (t_1 + t_u)} [m_m c_m (t_m^k - t_m^h) + N_{nom}^{y0}], \quad (2)$$

где t_1 - момент времени, при котором температура масла на входе рыбы в печь достигает значения, определенного технологическим регламентом, с; $t_{\text{ц}}$ - время цикла, с; c_m – теплоемкость масла в печи, Дж/(кгК); m_m – масса масла в печи, кг;

$$N_{\text{ном}}^{\text{yd}} \approx \frac{0,05 \cdot N_{\text{общ}}}{L}, \quad (3)$$

Используя (2), вычислим площадь теплообменника при $l = 0,25L; 0,5L; 0,75L; L$. Результаты расчетов *показаны на рисунке 2.

Модель, отвечающая указанным требованиям, названа рациональной.

При выборе формы теплообменника $F_p(l)$ температура активного слоя масла в процессе запуска печи достигает заданного значения по мере продвижения рыбы.

Рациональная форма теплообменника $F_p(l) = 23 \cdot e^{-l/7}$ построена по точкам, расположенным выше кривой $F(l)$, используя точки и зависимости:

$$\int_0^L F(l)dl = \int_0^L F_p(l)dl. \quad (4)$$

Конструктивно автоматизированная рыбообжарочная печь выполнена в виде двух подсистем: блока управления и собственно рыбообжарочной печи, оснащенной устройствами измерения массы продукта на входе в печь и выходе из нее, датчиками температуры продукта на входе в печь, температуры масла, уровня воды и масла, регулирующими органами подачи воды, масла и пара, а также регуляторами температуры масла и стенки теплообменника, исполнительными устройствами в системе регулирования температуры масла и подключения сетки к конвейеру печи.

Блок управления 25, функционально включает в себя вычислительное устройство 21, регуляторы температуры масла 22 и стенки теплообменника 23, исполнительные устройства 7, 24.

Печь содержит ванну 1, рольганг 2, транспортирующий рыбу, теплообменник 4 для нагревания масла с клапаном 10 регулирования расхода пара в паропроводе 16, замкнутую сетку 5, скребок 6 для ее очистки, исполнительное устройство 7, контейнер 8. Наличие сетки препятствует развитию конвекции и, соответственно, уменьшает время нахождения частиц продукта во взвешенном состоянии. Печь также снабжена скребком для очистки сетки, причем вал привода сетки для обеспечения возможности ее периодического перемещения кинематически связан с приводным валом конвейера печи.

Из масла интенсивнее отводятся взвешенные частицы, что уменьшает скорость его окисления и расход на единицу продукции. Как показали эксперименты, наличие сетки снижает и теплоотвод в слой воды, в 2,5-3 раза. Последнее позволяет реже менять масло и воду. В совокупности эти факторы увеличивают время непрерывной работы печи и тем самым выпуск готовой продукции на 0,5 %.

Пассивный слой служит для снижения температуры на границе масла и воды. В нижней части ванны расположен слой воды (водяная подушка), который необходим для осаждения частиц, отделяющихся от обрабатываемого продукта. Рольганг 2 приводится в движение двухлинейным цепным конвейером 9. Печь содержит также клапаны 13 и 12 для долива масла и воды, датчики уровня масла 15 и воды 14, клапан 11 для слива воды, а также электромагнитную муфту 3 для периодического соединения цепного конвейера с сеткой. В состав печи входят устройства 17 для измерения массы продукта (рыбы) на входе и выходе из печи, датчик 19 температуры продукта, датчики 18 температуры масла,

температуры стенки теплообменника 20; блок управления (БУ) 25, состоящий из вычислительного устройства 21, автоматических регуляторов температуры масла 22 и температуры стенки теплообменника 23 и исполнительного устройства 24. Уровни воды и масла контролируются датчиками уровня воды 14, масла 15.

Печь работает следующим образом. Открываются клапан подачи воды 12, а затем клапан 13 подачи масла. Нижняя часть ванны 1 заполняется водой примерно на 25% объема, а остальная ее часть заполняется маслом. Далее в теплообменник 4 подается пар, давление которого вычисляется по заданной производительности. Давление в теплообменнике регулируется клапаном 10 с помощью исполнительного устройства 24.

При достижении расчетной температуры масла $t_{м.р.}$ включается система стабилизации температуры масла, и рыба подается в печь. Отделяющиеся в масло от обжариваемой рыбы частицы сырья и муки осаждаются на сетке 5, остальные - на дне ванны 1. Подготовленные к термообработке кусочки рыбы посредством рольганга 2 подаются в ванну 1 и проходят в слое нагретого масла. Измеряется температура сырья на входе в печь, масса сырья и обжаренной рыбы в единицу времени. За время прохождения сырья через ванну 1, рыба у жаривается до заданного процента и приобретает требуемые органолептические и химические показатели.

На выходе теплообменника устанавливается конденсатоотводчик, исключающий прорыв пара.

Уровни воды и масла поддерживаются автоматически. По сигналу датчика 15 уровня масла в процессе обжаривания осуществляется автоматический долив масла, аналогично происходит долив воды по сигналу датчика 14 уровня воды. При достижении предельно допустимого значения кислотного числа масла его сливают через клапан 11. Сливу масла предшествует слив воды. Перед сливом воды с помощью исполнительного устройства 7 подключается вал привода 3 замкнутой сетки 5 к валу конвейера 9. Отложения с сетки удаляются скребком 6 в контейнер 8. Слив конденсата происходит одновременно с подачей пара 10 в теплообменник 4. Слив воды и масла осуществляется после остывания содержимого ванны 1 до температуры $\leq 40^\circ\text{C}$ при выключенных клапанах 10, 12, 13. Слив воды производится раз в смену.

Температура масла изменяется за счет регулирования давления пара в теплообменнике, определяющего температуру конденсации пара.

Стабилизация процента у жаривания обеспечивается циклическим повторением процедур определения процента у жаривания в предшествующие технологические циклы, измерения загрузки печи и коррекции заданий регулятору температуры.

Процент у жаривания продукта определяют по результатам взвешивания контрольных партий, уложенных в специальные контейнеры, на входе в печь $m[n]$ и выходе из нее $m_k[n]$:

$$\Delta M[n] = \frac{m[n] - m_k[n]}{m[n]} 100\%, \quad (5)$$

где $m[n]$ - начальная масса продукта, кг; $m_k[n]$ - конечная масса продукта, кг.

Если процент у жаривания не соответствует заданному значению, то по формуле (6) вычисляют изменение уставки регулятора 21 температуры масла. При изменении массы и (или) температуры сырья регулятор 21 по сигналу вычислительного устройства 20 изменяет с помощью исполнительного устройства 22 положение клапана 11, стабилизируя тем самым температуру масла и процент у жаривания продукта.

Переход на новый расчетный режим осуществляется по принципу максимального быстрогодействия. Изменение температуры масла Δt_m , вызванное изменением давления пара в печи ΔP_n и соответствующим изменением температуры стенки теплообменника Δt_{cm} с достаточной для практического применения точностью определяется выражением:

$$\Delta T_m = K_t \left(1 - e^{-t/T_m} \right) \Delta T_{cm}, \quad (6)$$

где t - текущее время, с; K_t - коэффициент передачи, °C/°C; T_m - постоянная времени, характеризующая время выхода печи на установившийся режим работы, с.

Уравнение (6) позволяет определить динамику изменения температуры масла в зависимости от изменения параметров теплоносителя.

При изменении давления пара (температуры стенки теплообменника) ΔP_n температура масла выходит на новый установившийся режим за время $\sim 3T_m$. Время обжаривания $t_{обж} \approx T_m$, поэтому при $t < T_m$ справедливо:

$$\Delta T_m \approx \frac{k_t t}{T_m} \Delta T_{cm}. \quad (7)$$

Коррекция процента у жаривания обычно требует относительно небольших изменений управляющих воздействий, что позволяет использовать зависимости, связывающие приращения управляющих воздействий с изменением процента у жаривания, в линейном приближении:

$$dM[n] = k_{T_m} \cdot \Delta T_m, \quad (8)$$

где ΔT_m - приращение температуры "активного" слоя масла, в котором находится обжариваемый продукт.

Начальное значение коэффициента идентификации K_{T_m} определяется в ходе предварительных экспериментов, а в дальнейшем уточняется по комбинированному алгоритму стохастической аппроксимации.

Выравнивание температуры масла по длине печи и использование сеток позволяет экономить не менее 1 кВт, что соответствует $\sim 0,3$ % от потребляемой мощности. Перегрев масла снижается с 14 °C до 3-4 °C относительно среднего значения, что уменьшает впитываемость рыбой масла при сохранении высокого качества продукта и интенсивность окисления масла на 15-20 %.

Список литературы: 1. Сердобинцев С.П., Будченко Н.С. Паромасляная печь для обжаривания пищевых продуктов Св. на полезную модель №27466, РОСПАТЕНТ, 10.02.2003. 2. Сердобинцев С.П., Будченко Н.С. Паромасляная печь для обжаривания пищевых продуктов Патент на изобретение №2233109, 27.07.2004 г. Бюл. №21, RU 2233109 C2, 7A47J37/12.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ВОПРОСОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ РОТОРНЫХ СИСТЕМ

The comprehensive approach to the solution of projection questions of generic continuous-control systems surveyed in this paper. The solution of a problem of loading of these systems is examined here. This paper is devoted to decrease of design complexity of the indicated systems.

Применение многономенклатурных роторных систем позволяет автоматизировать производство недостаточно массовых изделий, что в настоящее время является весьма актуальной задачей [1]. Наиболее важными проблемами, возникающими при создании данных систем, является решение вопросов обеспечения загрузки многономенклатурных роторных систем и их конструктивной сложности [2]. Эти проблемы взаимосвязаны, - при обеспечении загрузки приходится объединять для производства на отдельной системе различные по форме изделия, что приводит к увеличению конструктивной сложности самой системы. В настоящее время данные проблемы решаются обработкой на каждой позиции многономенклатурной роторной машины отдельного типоразмера изделия [2, 3], однако такое решение позволяет производить обработку лишь изделий, имеющих одинаковую программу выпуска, что существенно сужает область рационального применения многономенклатурных роторных систем. В связи с этим, разработка методов проектирования данных систем, которые предоставляют комплексное решение вопросов обеспечения загрузки многономенклатурных роторных систем и их конструктивной сложности, в настоящее время остается актуальной задачей.

Целью выполнения данной работы является разработка методов проектирования многономенклатурных роторных систем, обеспечивающих решение вопросов их загрузки и уменьшения их конструктивной сложности, за счет разработки комплексной организационно-технической программы.

Достижение поставленной цели предполагает решение ряда задач.

- Исследовать особенности подбора изделий для многономенклатурного производства на базе роторных систем.
- Исследовать структурные и функциональные особенности новых многономенклатурных роторных систем непрерывного действия.
- Разработать общую методику проектирования новых высокоэффективных технологических роторных систем для многономенклатурного производства изделий.

Разработанная структурная схема многономенклатурного технологического процесса изготовления изделий на многономенклатурных роторных линиях позволила выявить восемь различных структурно-функциональных моделей обработки изделий, и предложить рациональную схему обработки, которая рассматривается в данной работе, - последовательная обработка изделий в параллельно работающих многономенклатурных рабочих позициях на многономенклатурных роторных машинах, расположенных последовательно. Исследование особенностей перемещения изделий различных типоразмеров позволило выявить 243 варианта сочетания характеристик потоков изделий, и определить рациональную структуру потока изделий с учетом характера перемещения изделий различных типоразмеров по структурным элементам, - поток с $Z_0 > U_p$, с единичной одновременной обработкой на многономенклатурных роторных машинах с последовательной поточностью и одинаковыми характеристиками потоков;

Выявленные особенности формообразования поверхностей изделий в условиях многономенклатурных роторных систем, рациональная структура потока и схема обра-

ботки, а также разработанные классификации, позволяют решать вопросы многообразия форм изделий и обеспечения загрузки многономенклатурных роторных машин, разрабатывать маршрутные многономенклатурные технологические процессы изготовления изделий, основанные на группировании получаемых элементарных поверхностей в соответствии с классом операции и классом многономенклатурной роторной машины.

Применение теории маршрутизации изделий [4, 5] на стадии разработки многономенклатурных технологических процессов их изготовления позволяет учитывать идентичность отдельных характеристик изделий и за счет этого проектировать рациональные структуры операций, при которых в каждой многономенклатурной рабочей позиции обрабатывается наименьшее число различных по форме изделий. Данный подход позволяет существенно упростить конструкцию многономенклатурных роторных систем.

Применение конструктивных схем, включающих магазины инструментов и приспособлений для обработки изделий, имеющих различные обрабатываемые поверхности, позволяет уменьшить металлоемкость многономенклатурных роторных систем. Используемые магазины реализуют функцию преобразования системы для обработки изделий различных типоразмеров. Именно эта функция и определяет конструктивную сложность многономенклатурных роторных систем.

Разработанная методика проектирования многономенклатурных роторных систем, позволяющая создавать многономенклатурные инструментальные блоки с механизмами, преобразующими параметры движений формообразования, позволяет унифицировать конструкции многономенклатурных роторных машин.

В свою очередь, разработанная методика проектирования многономенклатурных технологических процессов изготовления изделий, которая учитывает теорию маршрутизации и структуру потока изделий, а также предложенные конструктивные схемы многономенклатурных роторных систем позволяют значительно расширить их технологические возможности и на одной системе производить обработку изделий, существенно отличающихся как по форме обрабатываемых поверхностей, так и по программе выпуска.

Таким образом, разработанная методика проектирования многономенклатурных роторных систем позволяет обеспечивать их достаточную загрузку за счет расширения технологических возможностей данных систем, а комплексное решение вопросов конструктивной сложности многономенклатурных роторных систем заключается в выборе рациональной структуры потока изделий с последующим проектированием рациональных структурных элементов данных систем.

Список литературы: 1. Клусов И. А. Эволюция автоматических роторных линий. // Автоматизация и современные технологии.- 2003.- №2.- С. 3-6. 2. Клусов И. А. Технологические системы роторных машин для серийного производства. // Автоматизация технологических процессов: Сб. науч. тр.- Тула: Тульский политехн. ин-т, 1981 - С. 13 -19. 3. Быстров В. А., Фролович Е. Н., Клусов И. А., Прейс В. В. Роторные технологии, машины и линии на современном этапе промышленного развития. // Вестник машиностроения. - 2003. - №10. - С. 43 - 47. 4. Буленков Е. А., Михайлов А. Н. Использование двумерной алгебры групп при синтезе многономенклатурных роторных систем. // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. - Донецк: ДонНТУ, 2005. Вып. 30. С. 48 – 55. 5. Михайлов А. Н. Основы синтеза поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия.- Донецк: ДонНТУ, 2002.- 379 с.

ОБЩИЙ ПОДХОД В ОБУЧЕНИИ РЕШЕНИЮ ТЕКСТОВЫХ ЗАДАЧ В НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ОБУЧЕНИЯ

Буренкова Н.В. (МГТУ им М.В. Ломоносова, г Брянск, Россия)

This article reveals the general approach to training in the process of textual problems solutions during the initial period of training.

Одной из приоритетных целей обучения детей математике является формирование у них осознанного умения решать текстовые задачи. Безусловно, все учителя начальных классов стараются найти наиболее эффективные, продуктивные и развивающие пути и средства обучения детей решению задач. Через подобную деятельность осуществляется необходимая связь теоретических знаний с практикой. Можно сказать, что умение решать задачи определяет степень обученности и общей подготовленности учащихся.

Как известно, обучение решению задач в любой предметной области считается наиболее трудным разделом, и эти трудности, как правило, представляют не вычисления, которые необходимо произвести в задаче, т.е. не исполнительная сторона задачи, а ориентировочная - тот анализ, который предшествует нахождению пути решения.

Анализ и поиск решения любой задачи является сложной деятельностью, в которую включаются следующие действия:

- 1) восстановление предметной ситуации, описанной в задаче;
- 2) выделение основных единиц сообщения;
- 3) перевод текста задачи на язык (математический, физический и другие), который требуется для ее решения;
- 4) установление связи между данными для определения хода решения.

Отработка данных действий и последовательность их выполнения тесно связаны между собой, но, несмотря на это, требуется организация работы с каждым из них в отдельности, а также подбор соответствующих заданий. Другими словами, обучение учащихся умению решать задачи должно прежде всего предусматривать формирование не технической стороны решения задачи, а его подготовительной части. При этом необходимо учить детей нескольким иным принципам подхода к задаче, который предлагается в теории поэтапного формирования умственных действий (П.Я. Гальперин). В соответствии с данной теорией предлагается с самого начала обучения решению задач формировать у учащихся общее умение анализировать задачи независимо от их типа или предметной отнесенности.

Рассматривая процесс решения задачи как умственное действие, необходимо выделить операции, его составляющие:

- 1) ориентировочные (анализ задачи и поиск решения);
- 2) исполнительные (осуществление плана решения);
- 3) контрольно-корректировочные (проверка и анализ решения).

При этом ведущей, главной частью, несомненно, является ориентировочная часть. По мнению П.Я. Гальперина, «... даже значительное увеличение повторных исполнений действия не возмещало недостатки предварительного представления о задании». Ориентировочная основа умственного действия – это совокупность указаний и ориентиров, пользуясь которыми можно безошибочно выполнить данное действие. Эта сис-

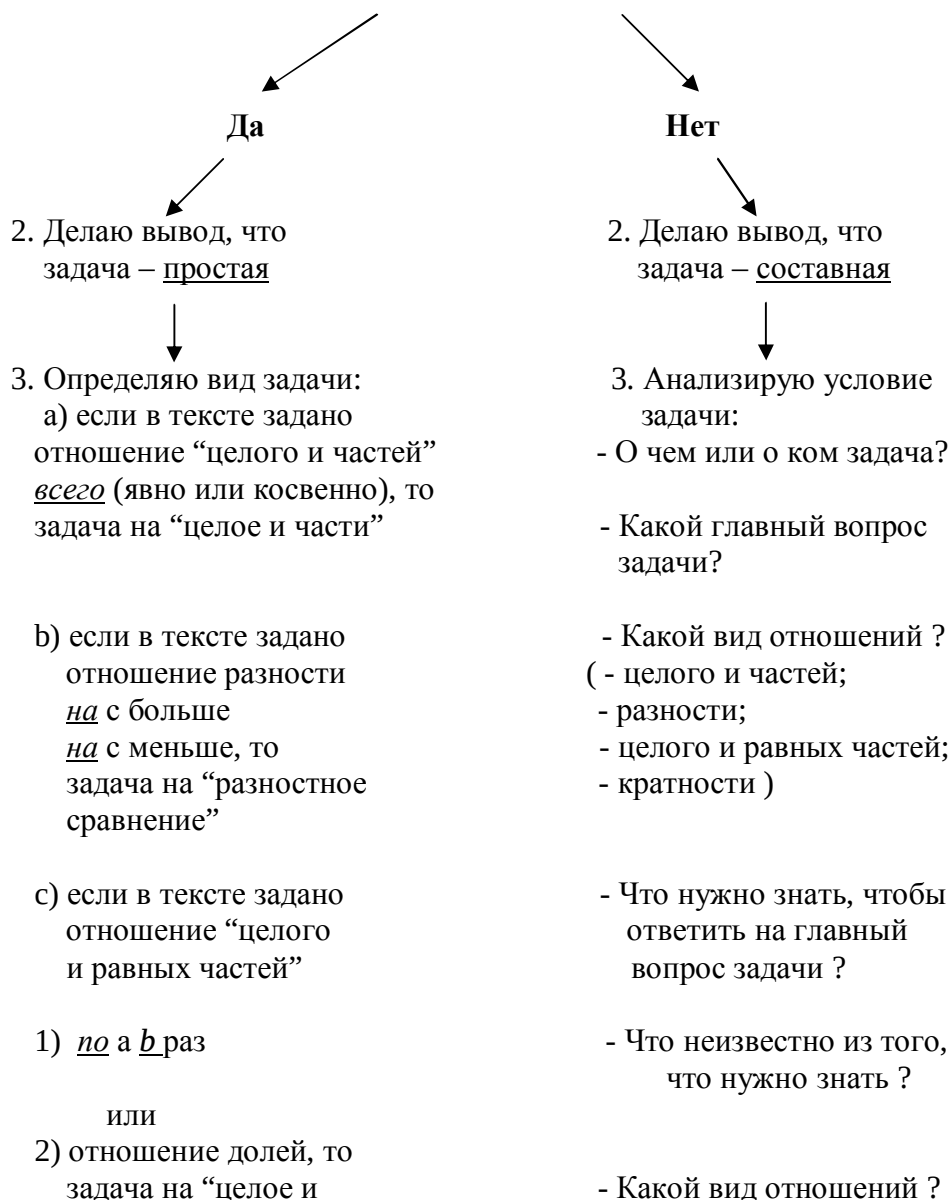
тема ориентиров и указаний (ООД) может быть разного характера и предлагаться ученику в готовом виде или же составляться им самим на основе данных ему учителем общих указаний - без ООД эффективно овладеть умственным действием невозможно.

При решении задач ориентировочная основа действий (ООД) выступает в качестве некой схемы по отысканию плана решения той или иной задачи. Содержание схемы ООД отражается в учебных картах, где показан поиск решения. Наличие подобной опоры является условием того, что новая система знания без предварительного заучивания используется для решения задач, причем новое действие выполняется правильно.

В качестве примера приведем учебную карту по составлению вспомогательной модели задачи для учащихся 3 класса на уроке математики (Система Д.Б. Эльконина – В.В. Давыдова):

Учебную карту по составлению вспомогательной модели задачи

1. Могу ли сразу ответить на вопрос задачи, не используя вспомогательные вопросы ?



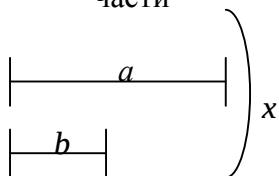
равные части”

d) если в тексте задано
отношение кратности

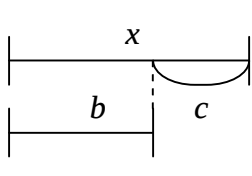
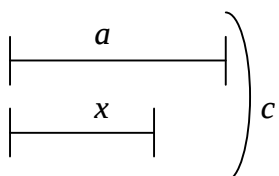
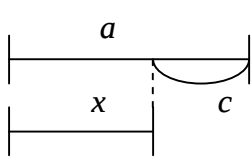
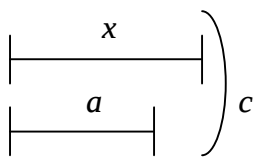
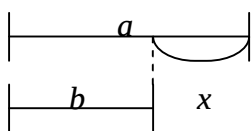
$\underline{a}$ с раз больше
 $\underline{a}$ с раз меньше, то
задача на “кратное
сравнение”

4. Выбираю схематический
чертеж
х (?)

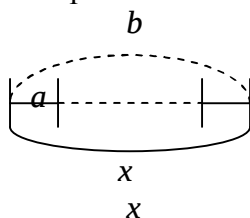
a) на “целое и
части”



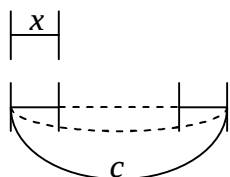
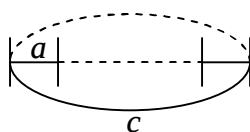
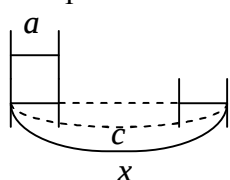
b) на “разностное
сравнение”



c) на “целое и
равные части”



d) на “кратное
сравнение”



- Что нужно знать, чтобы
найти неизвестную
величину или ответить
на “вспомогательный”
вопрос задачи ?

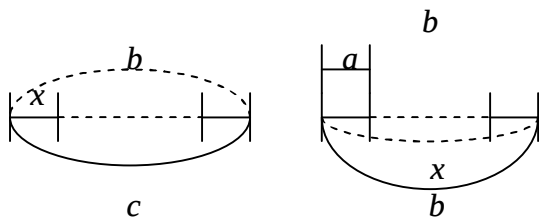
4. Составляю схему
задачи (по тексту)
или краткую запись

5. Определяю
количество простых
задач по количеству
отношений

6. Определяю вид задач
(см. пункт 3 слева)

7. Выбираю
схематические
чертежи
(см. пункт 4 слева)

8. Составляю общий
схематический
чертеж.



Далее происходит поиск способа решения задачи на основе построения модели поиска. На этом заканчивается ориентировочная основа деятельности учащихся и осуществляется найденный план решения, т.е. *исполнительная часть* деятельности.

Контрольно-корректировочная часть предполагает осуществление проверки и анализа найденного решения задачи, т.е. выделение главной идеи решения и обобщение решения задач данного типа. Выявляются недостатки решения и производится поиск другого, более рационального решения.

Однако представление учащихся о том, как нужно решать задачу, как делать, ещё не означает решить её самостоятельно. Поэтому необходимо, чтобы учащиеся решили несколько задач, причём в теории П.Я.Гальперина прилагается определённая система отработки формируемых действий, процесс активного выполнения которых включает четыре этапа:

- этап выполнения действий в материализованной (материальной) форме;
- этап внешнеречевых действий;
- этап выполнения действия во внешней речи про себя;
- этап умственных действий.

На этапе *материализованных действий* учащиеся располагают учебной картой и системой заданий. Здесь действие выполняется полностью, то есть в полном составе операций. Выполняемые операции проговариваются, что обеспечивает их осознание и готовит к следующему этапу. На этапе внешне речевых действий работа идёт в том же порядке, но теперь ученики называют признаки по памяти. В начале данного этапа действие полностью развёрнуто, в конце этого этапа возможно сокращение.

После того, как учащиеся выполняют все операции данного действия без моделей, без рассуждений вслух, они переходят к *этапу внешней речи про себя*, т.е. комментирование действия учащиеся осуществляют каждый про себя. Этот этап является как бы переходным к последнему этапу: *этапу умственных действий*. Здесь процесс решения задачи происходит в форме внутренней речи. На этом этапе действие проходит дальнейшее обобщение, сокращается, автоматизируется. Если учитель строит процесс усвоения именно в такой последовательности, то существенно повышается результативность умения решать задачи. Развернутый внешний план действий и последовательная поэтапная их отработка снимает необходимость специального, так называемого произвольного запоминания учеником материала: в процессе действия происходит прочное непроизвольное запоминание.

Список литературы: 1. Талызина Н.Ф. Педагогическая психология. – М.: Издательский центр «АКАДЕМИЯ». 2001. 2. Салмина Н.Г. Виды и функции материализации в обучении. – М.: Изд. МГУ, 1981.

ИЗУЧЕНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОРГАНОПЛАСТИКОВ НА ОСНОВЕ ФЕНИЛОНА, АРМИРОВАННЫХ АРИМИДОМ

Буря А.И., Арламова Н.Т., Ткаченко Э.В., Оприц З.Г. (Государственный аграрный университет, Государственный аграрный университет, Национальный университет ядерной энергии и промышленности, НПП «Лисорт», Днепропетровск, Днепропетровск, Севастополь, Мытищи, Украина, Россия)

Perspectivity of reinforcing phenilon Arimide fibres for creation of a strong antifrictional material is shown. It is revealed, that developed organic plastic possesses significant wear resistance both in a mode of dry friction, and at greasing oil.

Уже давно стало невозможным представить себе научно-технический прогресс без использования полимерных материалов и композитов на их основе. Диапазон областей их применения и круг потребителей невероятно широки и непрерывно растут. Объективные потребности различных отраслей техники обусловили высокие темпы научных исследований в области химии и технологии пластмасс, приведших к разработке большого ассортимента полимерных материалов за истекшие 140 лет, с момента разработки первой пластмассы – целлулоида.

Важную проблему с точки зрения повышения надежности подвижных сочленений машин и механизмов представляет разработка новых антифрикционных материалов, особенно органопластиков (ОП).

Учитывая это, в качестве связующего использовали фенилон С-1 – продукт поликонденсации м-фенилендиамин и изофталевой кислоты (ТУ 6-05-221-10).

Выбор армирующего наполнителя определялся, с одной стороны, его прочностными свойствами, с другой – химическим сродством к полимерной матрице. Нами использовалось органическое волокно марки Ариמיד-Т [1], характеристика которого приведена в табл. 2.

Таблица 1. Исходные свойства волокна Ариamid-Т

Плотность, кг/м ³	Разрывная прочность, Н/текс	Разрывное удлинение, %	Начальный модуль, 10 ³ МПа
1420	0,45-0,50	6-8	0,19

Пресскомпозиции состава фенилон С-1 – Ариamid-Т готовили путем смешения компонентов во вращающемся электромагнитном поле в присутствии ферромагнитных частиц. Блочные образцы получали переработкой пресскомпозиций методом прямого прессования при давлении 45 МПа и температуре 330°C.

Правильный и рациональный выбор материалов для деталей подвижных сочленений машин и механизмов неразрывно связан с изучением процессов трения и изнашивания. Исследование трибологических свойств в режиме сухого трения осуществляли на дисковой машине трения, путь трения 1000м.

Коэффициент трения вычисляли по формуле:

$$f = \frac{F_1 + F_2}{N} \quad (1)$$

где F_1 – сила трения; F_2 – потери, которые возникают при повороте рычага на остриях в горизонтальной плоскости. Точность измерения силы трения составляет $\pm 5\%$; N – нормальная нагрузка.

Износ образцов определяли весовым методом на аналитических весах ВЛР-200 (ГОСТ 24104-80) с точностью до 0,0001 г. Испытания образцов при смазке индустриальным маслом проводили на машине трения МИ-1М по схеме (рис. 1.) ролик-колодочка (ролик изготовлен из стали, термообработанной до твердости 45-48 HRC, шероховатость поверхности $R_a=0,16$ мкм, колодочка – из пластика) при скорости 1 м/с. Путь трения составлял 3000 м.

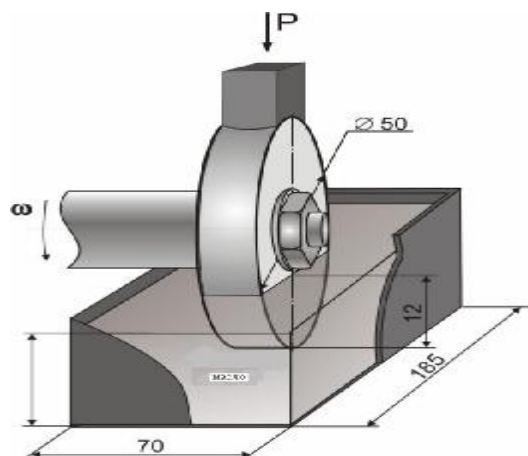


Рис. 1. Схема трения при смазке водой: ролик-колодочка

данные табл. 3, можно сделать вывод, что оптимальное содержание волокна Аримид-Т в фенилоне составляет 15 мас. %.

Для исследования влияния режимов эксплуатации на трибологические свойства органопластиков использовали армированные пластики с оптимальными изнашивание в режиме сухого трения проводили на дисковой машине трения при нагрузке 0,4-1,2 МПа в диапазоне скоростей скольжения 0,5-3 м/с.

Как видно из приведенных данных (рис. 2, кривые 1, 2), рост удельной нагрузки в исследуемом диапазоне незначительно увеличивает весовой износ армированного пластика (в пределах 0,1-0,45 мг). Коэффициент трения при этом снижается более чем в 1,5 раза, что можно объяснить увеличением площади фактического контакта.

Таблица 2. Влияние содержания волокна Аримид-Т на свойства органопластиков на основе фенилона С-1

Материал	Содержание Аримида-Т, мас. %	Трение без смазки при $P=0,9$ МПа, $V=1$ м/с	
		износ, мг	f
Фенилон	-	6,8	0,43
Органо-пластики	5	3,2	0,31
	10	1,3	0,24
	15	0,5	0,23
	20	0,6	0,27

Интересно отметить, что износ и коэффициент трения в зависимости от скорости скольжения изменяются аналогично изменению этих величин при увеличении удельной нагрузки (рис. 2, кривые 3, 4).

Выявлено, что с ростом скорости скольжения f снижается. Это обусловлено, с одной стороны, сокращением времени фрикционной связи органопластик-сталь, а с

другой – увеличением тангенциальной составляющей скорости скольжения, что способствует эффективному удалению частиц износа из зоны трения [2].

Относительно характера трения можно отметить следующее: в процессе изнашивания образуются мелкодисперсные продукты износа, заполняющие микровпадины

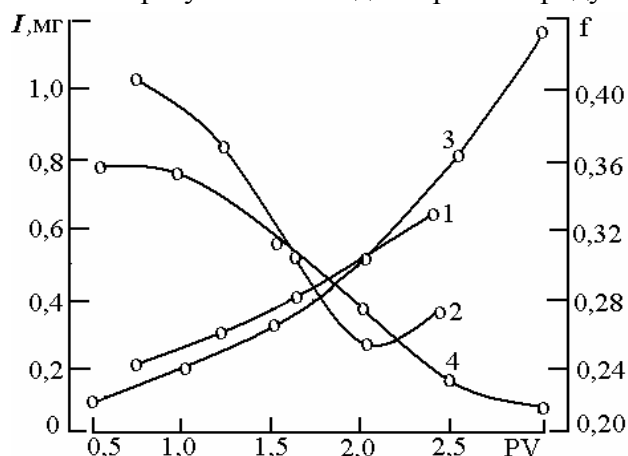


Рис. 2. Влияние фактора PV (МПа·м/с) на износ (1, 3) и коэффициент трения (2, 4) органо-пластика состава: фенилон С-1 + 15 мас. % Аримид-Т при $V=2$ м/с (1, 2); при $P=1$ МПа (3, 4)

на поверхности контртела, при этом трение реализуется уже не по стали, а по продуктам износа. Это свидетельствует о псевдоупругом механизме истирания, который обеспечивает наиболее длительный срок службы сопряжений и минимальный рост зазоров сочленения.

Как показали результаты сравнительных испытаний при смазке маслом (табл. 3) разработанные армированные пластики по износостойкости значительно превосходят бронзу ОЦС-5-5-5, при этом износ контртела при работе с армированными вкладышами в 4 раза меньше чем с бронзовыми.

Таблица 3. Сравнение трибологических свойств материалов в условиях смазки маслом марки Индустриальное И-40

Показатели	Фенилон С-1	Фенилон + 15 мас.% волокна Аримид-Т	Бронза ОЦС 5-5-5
Износ, мкм/км ($P=10$ МПа, $V=1$ м/с)	0,535	0,324	Не работает

Таблица 4. Влияние удельной нагрузки на износ органо-пластика и бронзы ОЦС 5-5-5, мкм/км, при смазке маслом (скорость скольжения 1 м/с)

Материал	Износ, при удельной нагрузке, МПа		
	2	4	10
Фенилон + 15 мас.% Аримид-Т	0,63	1,60	3,24
Бронза ОЦС 5-5-5	13,6	510	Не работает

Положительные результаты лабораторных испытаний разработанных материалов дали основания для испытания их в узлах трения зерноуборочного комбайна-стенда "Нива", работающего на открытой площадке ПО «Ростсельмаш». Подшипники скольжения из органо-пластика на основе фенилона были установлены на вал соломонабивателя, вместо серийных из прессованного бука согласно схемы нагружения (рис.3а). В смазку подшипников (солидол УС) добавлялось 5% чернозема, просеянного через сито диаметром 0,1 мм. Результаты замеров экспериментальных подшипников перед испытанием, после 100 и 320 мото-часов, проведенных согласно схемы на рис. 3б, приведены в табл. 5.

Анализ полученных данных показывает, что за 100 мото-часов работы стенда комбайна средний износ экспериментальных подшипников составляет 0,1мм, за 320 - 0,23 мм, в то время как износ серийных подшипников при наработке 58-88 мото-часов

составляет 1,3 мм, т.е. в 6 раз больше, чем у экспериментальных за 320 мото-часов. На основании полученных результатов можно сделать заключение, что подшипники из фенилона, армированного волокнами Арамид – Т превосходят по долговечности серийные из прессованного бука и могут быть рекомендованы для внедрения в производство.

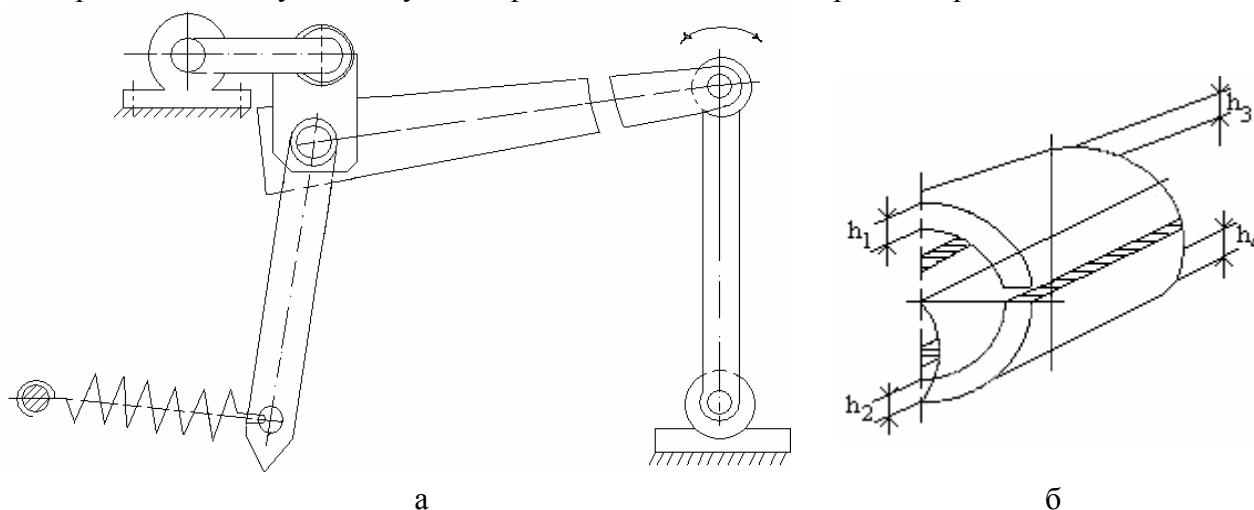


Рис. 3. Схемы нагружения (а) и замера (б) подшипников скольжения из оргопластика

Таким образом, обнаружено, что армирование ароматического полиамида фенилон С-1 полиимидным волокном Арамид-Т значительно повышает его износостойкость и снижает коэффициент трения, как в режиме сухого трения, так и при смазке маслом.

Разработанные оргопластики могут эксплуатироваться в условиях сухого трения при значении фактора $PV \leq 1,2 \text{ МПа} \cdot \text{м/с}$, при смазке маслом $PV \leq 10 \text{ МПа} \cdot \text{м/с}$ и с успехом использоваться для замены бронзы ОЦС 5-5-5.

Таблица 5. Влияние продолжительности работы на толщину подшипника

Номер подшипника	Толщина, мм				Наработка, мото-часов
	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	
1	7,2	7,2	7,2	7,2	до испытаний
	7,2	7,2	7,1	7,1	
	7,1	7,1	7,0	7,2	
2	7,15	7,1	7,2	7,1	
	7,1	7,1	7,1	7,0	
	7,15	7,0	7,25	7,15	
1	7,0	7,1	7,0	7,1	100
	7,0	6,9	7,0	7,1	
	7,0	7,15	7,0	7,0	
2	7,1	6,9	7,1	7,1	
	7,1	7,0	7,1	7,0	
	7,1	7,1	7,0	6,9	
1	6,95	6,85	7,0	7,0	320
	6,85	6,9	6,9	6,9	
	6,9	6,8	6,75	6,8	

2	6,85	7,0	6,95	7,0
	7,0	7,1	6,8	7,1
	6,9	6,8	7,0	6,75

Список литературы: 1. Перепелкин К.Б., Кудрявцев Г.И. Армирующие волокна и композиционные материалы на их основе // Хим. волокна. – № 5, 1981.– С. 5-12. 2. Буря А.И. Трение и изнашивание углепластиков на основе ароматических полиамидов/ Трение и износ -№6, 2001. – С.677-683.

ОТДЕЛОЧНО-УПРОЧНЯЮЩАЯ ОБРАБОТКА ЛИТЫХ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ БРОНЗЫ

Бутенко В.И. (ТРТУ, г. Таганрог, Россия)

There are some research results of the effect of surface finishing and hardening processing of moulded art goods of bronze on their resistance to oxidizing processes in the conditions of corrosive medium effect.

Известно, что с течением времени на поверхностях бронзовых изделий появляется темный или зеленовато-синий налет, представляющий собой пленку сложного химического состава [1]. Наличие на поверхности художественных изделий такой пленки снижает их эстетическую привлекательность и способствует постепенному разрушению материала. В работе [2] показано, что поверхностная пластическая деформация литых бронзовых изделий препятствует появлению на них вышеуказанных пленок. Это объясняется тем, что в материале поверхностного слоя бронзового изделия, полученного, например, литьем по выплавляемым моделям, вследствие нелинейной зависимости объемного коэффициента расширения от температуры, возникают напряжения растяжения, способствующие окислительным процессам. Упрочнение материала поверхностного слоя литого изделия снижает величину растягивающих напряжений или вовсе их сводит к нулю, а также «залечивает» поверхностные микротрещины. В результате у материала поверхностного слоя повышается сопротивляемость воздействию агрессивных сред, в том числе, снижается вероятность появления пленки. Однако имеющиеся способы и средства отделочно-упрочняющей обработки деталей [3, 4] при их использовании в технологических процессах изготовления бронзовых статуэток, различных фигурок, подставок, подсвечников, пресс-папье и т.д. не позволяют в полной мере сохранить на поверхности изделия задуманный художником рисунок или рельеф.

Целью данной работы является повышение качества поверхностного слоя литых художественных изделий из бронзы за счет применения отделочно-упрочняющей обработки на базе специальных упрочняющих устройств.

Наиболее приемлемым инструментом для отделочно-упрочняющей обработки многих художественных изделий из бронзы может быть шарико-стержневой упрочнитель [1, 3]. Была разработана специальная конструкция шарико-стержневого упрочнителя (ШСУ), в которой деформирующие элементы выполнены в виде стержней с бойковой и контактной деформирующими частями, причем в последних предусмотрена цилиндрическая полость, в которую вмонтирована специальная вставка из упругого материала с закрепленным в ней пучком инденторов малого диаметра (рис. 1).

Практика показала, что применение таких вставок с различным расположением в них инденторов диаметром 1-1,5мм со сферическими концами дает возможность тех-

нологически просто обрабатывать «тонкие» рельефы художественных изделий из бронзы.

Исследованиям подвергались два художественных изделия, полученные из бронзы БР.ОФ – 8,0-0,3 литьем по выплавляемым моделям: «Ящерица» и «Лягушка» (рис. 2).

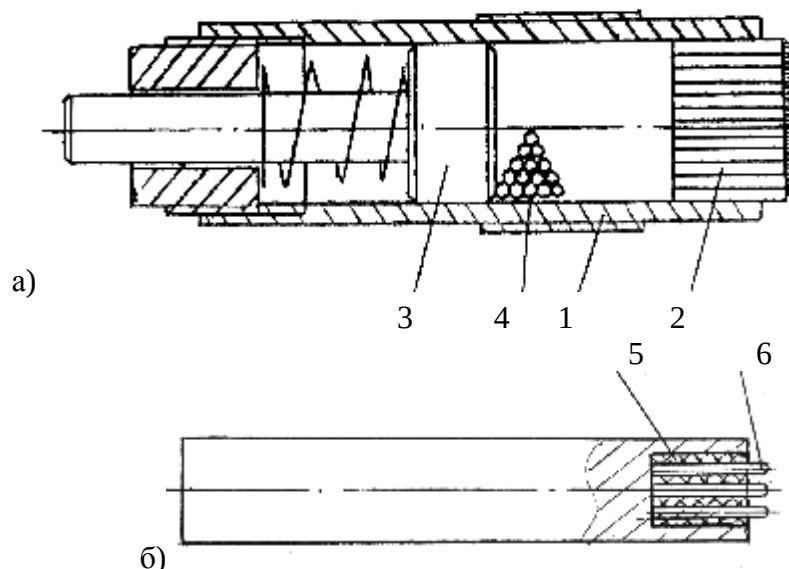


Рис. 1. Конструкция ШСУ для поверхностной отделочно-упрочняющей обработки (а), деформирующий элемент (б): 1 – корпус; 2 – деформирующие элементы; 3 – плунжер; 4 – шарики; 5 – вставка; 6 – инденторы.

Изделия устанавливали в специальные колодки, а ШСУ прижималось к обрабатываемой поверхности вручную. Обработка велась за один проход в течение 2-3 минут. Затем были приведены сравнительные испытания бронзовых изделий на действие агрессивной среды, в качестве которой была использована морская вода Азовского моря с общей концентрацией солей 1,5г/л. Было установлено, что отделочно-упрочняющая обработка поверхностей бронзовых изделий более чем в 3 раза увеличивает время стойкости бронзы до появления на ней серо-зеленого налета.



Рис. 2. Общий вид художественных изделий, подвергнутых обработке ШСУ: а – «Ящерица»; б – «Лягушка»

Выполнены исследования влияния числа проходов ШСУ на время появления оксидной пленки на поверхности литого изделия из оловянно-фтористой бронзы, результаты которых представлены на рис. 3. Установлено, что для повышения устойчивости поверхности литого бронзового изделия против агрессивной среды достаточно 1-

3 проходов ШСУ. Очевидно, увеличение числа проходов инструмента приводит к резкому снижению сопротивляемости материала окислительным процессам вследствие возникновения в нем технологических остаточных напряжений сжатия.

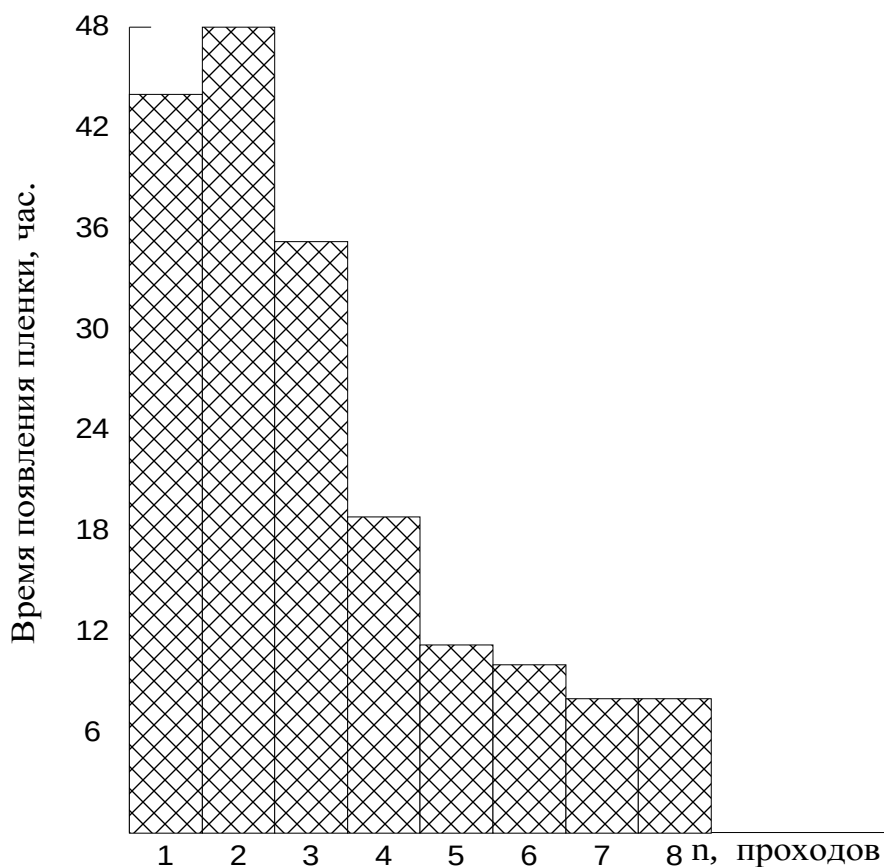


Рис. 3. Влияние числа проходов ШСУ на время появления пленки на поверхности бронзового образца

Проведены сравнительные испытания литых образцов из бронзы Бр.ОФ – 8,0-0,3 на действие агрессивной среды. Испытывались две партии образцов по пять штук каждая: без упрочняющей обработки и после упрочняющей обработки ШСУ. Фиксировался момент появления на поверхности образца серо-зеленого налета. Результаты исследований в виде гистограмм представлены на рис. 4, анализ которых свидетельствует о возможности существенного увеличения сроков сохранения первоначального цвета и состояния поверхностей литых художественных изделий из бронзы путем отделочно-упрочняющей обработки ШСУ.

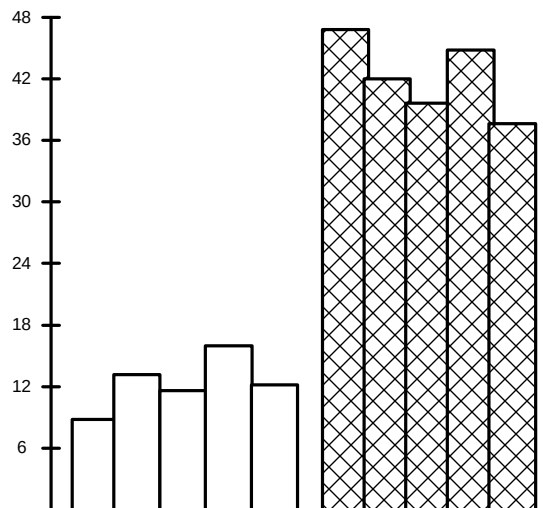


Рис. 4. Гистограммы стойкости поверхностного слоя бронзовых образцов от действия агрессивной среды:

□ – без упрочняющей обработки; ▨ – после упрочняющей обработки ШСУ

Таким образом, в работе установлено, что отделочно-упрочняющая обработка поверхностного слоя позволяет существенно повысить качество литых художественных изделий из бронзы. Проведенные исследования дают возможность определять рациональные режимы обработки изделий. Разработанная конструкция шарико-стержневого упрочнителя дает возможность в широких пределах решать вопросы повышения качества поверхностного слоя литых художественных изделий из бронзы.

Список литературы: 1. Ефименко Ю.С., Сиренко Ю.А., Бутенко В.И. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностей бронзовых изделий // Инженер. Студ. научно-технич. журнал, 2005, №6. С. 42-44. 2. Соколова М.Н. Дизайн в металлах. – М.: Машиностроение, 2003. – 186 с. 3. Бабичев А.П., Мотренко П.Д. и др. Отделочно-упрочняющая обработка деталей многоконтактным виброударным инструментом. – Ростов – на – Дону: Изд. центр ДГТУ, 2003. 192 с. 4. Бутенко В.И. Обеспечение качества криволинейных поверхностей деталей отделочно-упрочняющей обработкой / В кн.: Обеспечение и повышение качества машин на этапах их жизненного цикла: Материалы 5-й Международной научн.-техн. конференции. Брянск, 2005. 88-90 с.

ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ЛИТВЕ ПРИ ПРЕТВОРЕНИИ В ЖИЗНЬ БОЛОНСКОЙ ДЕКЛАРАЦИИ

Валюлис А. В., Гинявичюс Р., Подвезько В.

(Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Литва)

ABSTRACT. *Enhancing mobility of work forces across Europe, attracting good students from the whole world, favouring European Industry's performances in today's globalised economy are some of the key challenges for the development of the European Higher Education and European Research Areas. Engineering Education is asked, quite naturally, to play a substantial role in this rapidly evolving environment. The basic characteristics of the technical university learning experience must be that it improves the individual student's abil-*

ity to think critically, analytically and creatively, and that it helps students to develop their learning and different “soft” skills so that they are well prepared for globalised labour market demands and for lifelong learning. The rapid growth in information and communication technologies, reduced university funding, calls by society for greater accountability, demands for increased relevance, competition within the higher education sector are creating the challenges for universities. The European Union countries technical universities try to find the new approaches and try respond to new challenges by common, international experience based base.

В 2000 г. Совет Европы принял Лиссабонскую стратегию. В этом документе запечатлено стремление преодолеть недостаточную производственную продуктивность и стагнацию экономического роста в странах Европейского Союза и к 2010 г. сравняться по этим показателям с США. Одним из важнейших факторов улучшения конкурентоспособности ЕС в мире считается развитие науки. Финансирование науки до 2010 г. должно составить 3 проц. ВВП. Болонский процесс [1], ориентированный на науку и образование, в последние годы развивается на основании двух документов – положений Лиссабонской конвенции [2] и Лиссабонской стратегии [3]. Может возникнуть вопрос, для чего Европе необходим Болонский процесс? В общих чертах Болонский процесс – это лицо высшего образования Европы. Он способствует большей привлекательности и конкурентоспособности высшего образования, полученного в Европе, в мире. Это осмысленные, добровольные структурные реформы и мобильность в сфере высшего образования, не столько согласование разных положений и единообразие в этой области, сколько улучшение взаимопонимания между странами, движение всех стран в одном направлении. В 25 странах, а в недалеком будущем и в еще большем Европейском Союзе, с расширением обмена студентами, учеными и другими работниками системы высшего образования необходимо создать прозрачную среду. *В мире Европейский Союз зачастую рассматривается как единая система, лишь войдя в которую люди сталкиваются с существующим здесь разнообразием.* Само по себе большое разнообразие не является злом, однако оно уменьшает конкурентоспособность высшего образования Европы, приходится испытывать утечку лучших умов, теряются большие суммы средств, которые можно было бы получить за услуги в области науки и образования, прерываются человеческие связи.

Болонская декларация была подписана 19 июня 1999 г. Позже ее положения развивались в коммюнике в Праге (2001) и Берлине (2003). Новый пересмотр декларации состоялся в 2005 г. в Бергене. В этом документе запечатлены обязательства высших учебных заведений Европы по созданию европейского пространства высшего образования. В декларации структурированы процессы реформы высшего образования, происходящие во многих странах Европы. Европа знаний – это широко признаваемый и незаменимый фактор социального и человеческого роста, консолидирующий и обогащающий каждого европейца, могущий предоставить своим гражданам необходимую компетенцию для преодоления новых вызовов, обусловленных глобализацией, свидетельствующий о готовности делиться накопленными ценностями, а также о принадлежности к общему социально-культурному пространству.

Особое внимание уделено развитию конкурентоспособности системы высшего образования Европы, так как жизнеспособность любой системы может быть оценена по тому, насколько она привлекательна для других стран. В Декларации страны-сигнаторы обязались создать европейское пространство высшего образования в следующих целях:

– внедрить легко понимаемую и сравнимую между странами систему степеней,

- внедрить двухступенчатую систему высшего образования, состоящую из основного (базового) и последипломного (на магистра, доктора) обучения,
- внедрить Европейскую систему перевода кредитов (ECTS) как важное средство способствования мобильности студентов,
- оказывать поддержку академической мобильности,
- способствовать европейскому сотрудничеству с целью обеспечения качества науки и обучения.

Совет Европы и ЮНЕСКО в 1997 г. в Лиссабоне приняли „Конвенцию по признанию в европейском регионе квалификаций, связанных с высшим образованием“. Страны Конвенции приняли обязательства о признании любой страной квалификаций, присвоенных в других странах и соответствующих общим требованиям, предъявляемым к праву на получение высшего образования в этих странах с целью быть принятыми на учебу по программам, принадлежащим к их системе высшего образования.

На состоявшемся в 2003 г. в Берлине совещании министров по науке и просвещению стран, подписавших Болонскую декларацию, был провозглашен призыв создать европейский комитет по обеспечению качества, а также *регистр агентств* по обеспечению качества обучения в Европе.

Какова же непосредственная польза, получаемая высшими учебными заведениями от обеспечения европейского качества обучения? С улучшением качества обучения увеличится мобильность преподавателей и студентов, участятся обмены сотрудниками и студентами между институтами, увеличится прозрачность, облегчится признание учебного заведения, усилится доверие между учебными заведениями, отдельными лицами и властными структурами.

Внедрение трехступенчатой системы обучения было начато в Литве уже в 1992 г., позже система развивалась и была признана общественностью [4]. Во многих странах Европы реформа трехступенчатой системы обучения была начата лишь в 1999 г. после подписания Болонской декларации, поэтому кое-где по этому вопросу еще ведутся дискуссии, так как реформировать инертную систему обучения, повернуть ее по новому курсу не так-то просто. Внедрение трехступенчатой системы обучения – это не формальное изменение продолжительности обучения и структурирования, это внутренняя реформа программ обучения в масштабе Европы, создание общей для всех стран Европы системы признания квалификаций выпускников высших учебных заведений, согласование происходящих в этих странах реформ. Главнейшими элементами трех циклов обучения являются аналогичные и согласуемые между высшими учебными заведениями или властными структурами высшего образования степени; а также продолжительность программы обучения для получения степени. Соединительным элементом между пространствами высшего образования и науки в Европе является докторантура (третья ступень). Это предпосылка увеличения синергетического эффекта от объединения пространств двух важнейших основ создания общества знаний – европейского высшего образования и европейской науки.

Для того, чтобы сравнить, как обстоит дело в разных странах, высшее образование, профессиональное и практическое обучение должны основываться на следующих положениях: рабочей нагрузке, уровне образования, определении результатов обучения, уровне компетенции, определении профиля [5].

В положениях Болонских документов большое значение придается признанию в других странах документов о полученном образовании. В условиях все более свободного передвижения людей в Европе для каждого желающего попасть на рынок труда в другую страну особенно важным становится признание документов об окончании уче-

бы. Главными документами, свидетельствующими о полученном образовании, являются диплом и приложение к нему. Эти документы должны быть одинаково расцениваемыми и читаемыми во всех странах. Они будут расцениваться одинаково, если в их содержание будут внесены согласованные и одинаково понимаемые во всех странах Европы записи. Диплом, приложение к диплому или приложение к удостоверению, европейская автобиография общего формата (CV – Curriculum Vitae), регистр мобильности и документы со сведениями о знании языков составят корзинку документов выпускника, так называемый *европаспорт*. Приложение к диплому будет свидетельствовать о прозрачности обучения, приложение к удостоверению – о прозрачности в рабочем обучении, регистр мобильности – о мобильности личности (сведения о различных поездках), документы со сведениями о знании иностранных языков будут свидетельствовать о языковых навыках. При наличии документов – *европаспорта* – выпускник будет иметь равные или во всяком случае законные права и возможности конкурировать на многонациональном рынке труда.

Для чего студенту или любому другому обучающемуся требуется европейская система перевода кредитов? Прежде всего это единица измерения перевода и накопления. В случае поездки на учебу в другие страны или при желании добиться признания документов о полученном образовании перевод кредитов может быть полезным при сравнении между собой европейских систем высшего образования и признании полученной квалификации(-ий). Возможность накапливать кредиты способствует передвижению студентов (в том же учебном заведении, на национальном или международном уровнях), полезна для учебы на протяжении всей жизни, облегчает получение желаемой работы и увеличивает конкурентоспособность высшего образования Европы. В настоящее время академический обмен осуществляется на основе программ ERASMUS (для студентов, преподавателей), LEONARDO DA VINCI (для студентов, преподавателей, сотрудников), TEMPUS (для студентов, преподавателей), ERASMUS/MUNDUS (для студентов, преподавателей, сотрудников) и других.

В последние годы высшие учебные заведения стран Евросоюза стремятся показать, как качественно внедрена у них европейская система перевода кредитов и приложение к диплому. После международного инспектирования Европейская комиссия предоставляет высшим учебным заведениям „знак качества“ (*label*) внедрения ECTS или Приложения к диплому.

В последнее время в Европе все шире идет разговор о двойных, объединенных или многосторонних документах о получении высшего образования. С помощью программы ERASMUS/MUNDUS (2004) Европейская комиссия поддерживает усилия по улучшению позиций Европы в международной конкурентной борьбе за удержание/привлечение умов. Объединенные степени/дипломы являются полезным орудием при претворении в жизнь Болонской декларации, усилении сотрудничества между высшими учебными заведениями, внедрении новшеств в обучение и науку. Объединенные степени/дипломы окажутся полезными всем. Для студентов это расширение возможностей и желаний, для академического персонала – быстрое расширение сети науки и обучения, для институции – поощрение компетенции и сотрудничества между учебными заведениями, а в масштабе Европы – это поощрение Болонских реформ, удовлетворение потребностей в профессиональном совершенствовании, осознание понятия *гражданин Европы* и различий культур, международное признание преимуществ европейского образования и науки.

Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса является одним из наиболее активно участвующих в программах Болонского процесса высших учебных заве-

дений Литвы [6]. В нем успешно действует трехступенчатая система высшего образования, система накопления и перевода кредитов. Многое сделано для открытости университета миру. По десяти учебным программам первой ступени (на бакалавра), как и по нескольким программам для магистров, обучение ведется на английском языке, что облегчает студенческий обмен с высшими учебными заведениями европейских стран. Студенты и преподаватели университета успешно участвуют в программах TEMPUS, LEONARDO DA VINCI, SOCRATES [7]. Можно утверждать, что университет не только не остался в стороне от европейского пространства высшего образования, но и активно участвует в его создании, интегрируется в него, не только получая от него, но и привнося в него.

ВЫВОДЫ

Bologna Declaration, which declares the creation of European area for higher education was a good reason for revision of the existing education model and clearly stimulated building the “bridges” between the sub-systems of engineering education.

Common European cores in engineering education will help universities of different countries to harmonize terms of profiles, level of competences and outcomes.

Cores in engineering education will be useful for the development of joint and transnational European study programmes (particularly ERASMUS MUNDUS) in innovative subject areas with good links to research and industrial activities.

Список литературы: 1. Bologna Declaration. The European Higher Education Area. Joint Declaration of the European Ministers of Education Convened in Bologna, 19 June 1999. <http://www.unige.ch/cre> Bologna Forum. 2. Convention on the recognition of qualifications concerning higher education in the European region, 11 April 1997. http://www.bologna-bergen2005.no/Docs/02-CoE/970411Lisbon_con_165.pdf. 3. The Lisbon strategy and business priorities in EU-25, 03 2004. <http://www.ibm.com/ibm/publicaffairs/gp/lisbon.pdf>. 4. Law on higher education of the Republic of Lithuania. State News, in Lithuanian. No.27-715, 2000. 5. Temple B.K, Chisholm C. U. The role of entrepreneurship in the engineering education. World Transac. on Engineering and Technology Educ., 1, 2002, pp. 75-79. 6. Zavadskas E. K., Valiulis A. V. A time of challenge and university's growth. Vilnius: Technika, 2002. 288 p. 7. Sociological survey of University students and graduates (in Lithuanian), 2003. Ministry of Education and Science and Association of Lithuanian student unions, Vilnius. 71 p.

МОДЕЛЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ РОЗПОДІЛЬНИКА ГВИНТОВОГО СЕПАРАТОРА

Вірич С.О. (КІІ ДонНТУ, м. Красноармійськ, Україна)

Постановка проблеми. Актуальність питання фракціонування крові обумовлена широким використанням цього способу в багатьох галузях медицини при хворобливих станах, які супроводжуються різними видами кровотечі: шлунковими, кишковими, легeneвими та іншими), а також при очищенні крові в онкології після хіміотерапії та в гінекології при різних інфекціях для зменшення чисельності антитіл різноманітної етіології в показниках крові.

Аналіз останніх досліджень. В сучасній медицині застосовують два способи фракціонування крові: з використанням центрифуги та фільтрів. Основними недоліками наведених способів є [1], [3]:

- спосіб з використанням центрифуги — перервний, та полягає в тому, що у пацієнта необхідно брати від 500 до 1000 мл. крові і шляхом центрування, вдається відокремити від плазми більш важкі формені елементи крові (еритроцити, лейкоцити, тромбоцити) та, хоча ці елементи вводяться знов, це для людського організму є своєрідною катастрофою чи мініоперацією.

- спосіб із застосуванням фільтрів є неперервним, що полегшує пацієнту перенесення процедури, але процедура відділу від плазми важких формених елементів менш якісна, та ціна процедури в 2-3 рази більша, ніж при застосуванні центрифуги.

В роботі [5] була запропонована загальна модель сепаратно-гвинтового способу фракціонування крові, яка вбрала в себе краще з існуючих способів. Зроблена порівняльна оцінка з існуючими способами.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Для подальшого дослідження і моделювання конструкції сепаратора необхідно підібрати оптимальну по геометричним параметрам гвинтову поверхню, за допомогою якої будуть розподілені фракції крові, привести рівняння для розрахунку величини швидкості та прискорення.

Основна частина. Метод фракціонування крові при застосуванні центрифуги - це одержання окремих фракцій крові, оснований на поділі різних по своїй питомій вазі формених елементів крові.

В роботі [5] запропонована модель фракціонування в основі якої лежить застосування в якості апарата фракціонування сепаратора, розподільником якого буде змінна гвинтова поверхня, з допомогою якої будемо мати можливість, спираючись на закони гідравліки [2], поділити формені елементи та направити фракції крові при виході в різні русла. Процедура повинна бути неперервною.

До вени пацієнта підключають систему. Кров 500-550 мл., до введення у апарат фракціонування поступово розводиться розчином (глюкозою 6 мл, 5 % розчином антикоагулянту ЗДТА - 5 мл), який не дає їй згорнутись. Поступаючи до апарату фракціонування, вона поділяється на дві частини: плазму та важкі формені елементи (червонокривці). Плазма відводиться, тому що в ній знаходяться антитіла різноманітної етіології, червонокривці разом з розчином хлористого натрію до 100 мл, який підміняє плазму, вводиться в другу руку.

Застосування гвинтового сепаратора обумовлене:

- стиснутим падінням часток [2], коли при масовому осадженні в обмеженому обсязі середовища, рухомі частки впливають інші частки і середовище. Тіло еритроцитів, лейкоцитів чи тромбоцитів, падаючи в будь-якому середовищі (плазмі), зустрічає її опір, викликаний силами інерції та тертя (в'язкості). Якщо потік рухається по гвинтовій, ми маємо відцентрову силу та тертя, але, якщо гвинтова поверхня ще й обертається, то ми збільшуємо відцентрову силу тим самим скорочуємо час на поділ потоку, а також цим обертанням можемо регулювати швидкість необхідну для одержання різних фракцій крові;

- потік складається з окремих струменів, швидкість руху яких різна, як відомо, найбільші швидкості мають частки рідини, що знаходяться в осі потоку, найменші - у стінок. Цей поділ залежить від питомої ваги часток, які складають потік, тому ми можемо відокремити від плазми більш важкі формені елементи: еритроцити (питома вага 1092) та лейкоцити (1065).

Для конструкції робочого органа сепаратора пропонується розглянути аналітичну модель формоутворення поверхонь, що несуть на собі каркас із циклоїдальних кривих, які охоплюють широке розмаїття форм. Модель може бути узагальнена на випадок

зміни фокальної квадрики обертання на будь-яку циклічну поверхню, колові лінії каркасу якої належать площинам, паралельним XOY.

Параметричні рівняння конгруенції циклоїдальних кривих [4], [5]:

$$\begin{aligned}x &= a / c \sqrt{c^2 n - n^2 k} [(m+1) \cos(u+mt) - l m \cos(u+t+mt)] \\y &= \text{sign}(m) a / c \sqrt{c^2 n - n^2 k} [(m+1) \sin(u+mt) - l m \cos(u+t+mt)] \\z &= bu,\end{aligned}$$

де m - модуль циклоїдальної кривої ($m = \frac{r}{R}$ - нескорочуваний дріб, де $m = \frac{r}{R} = \frac{p}{q}$; r

– радіус твірного кола, що перекочується без ковзання по колу радіуса R ; $\frac{p}{q}$ - ра-

ціональне число, що може бути зведено до нескорочуваного дробу; m , r , та p додатні для епіцклоїд, коли твірне коло знаходиться у середині напрямного кола;

$\lambda = \frac{h}{r} = \frac{h}{mR}$; h – відстань від точки, що описує криву до центра твірного кола; $\lambda < 1$

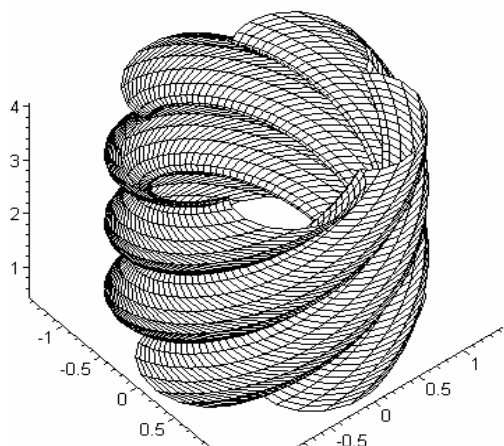
для укороченої, $\lambda > 1$ для подовженої циклоїдальної кривої).

Примітимо, що a , c , m , λ - параметри форми, їх треба задавати заздалегідь. Параметрами конгруенції є: v - параметр положення площини інтенденції циклоїдальної кривої в сім'ї площин, паралельних XOY; u – кутовий параметр положення циклоїдальної кривої на площині інциденції; t – кутовий параметр положення центра твірного кола відносно центра напрямного кола, який внаслідок фіксації точки, що описує криву, на площині твірного кола, що перекочується без ковзання по колу напрямному, є параметром положення точки на циклоїдальній кривій.

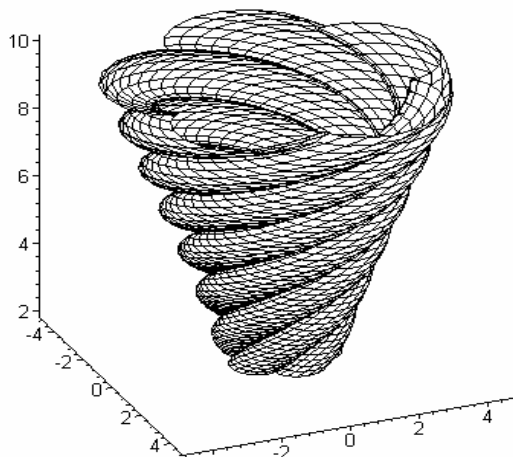
Для розгляду приймаємо квазігвинтові циклоїдальні поверхні.

Для конструкції розподільника ми підібрали такі лінії конгруенції та її фокальні поверхні:

Висновки. Наведена аналітична модель формоутворення поверхонь, що несуть на собі каркас циклоїдальних кривих з допомогою яких маємо можливість проаналізувати велику кількість поверхонь, та підібрати необхідну для розподільника гвинтового сепаратора.

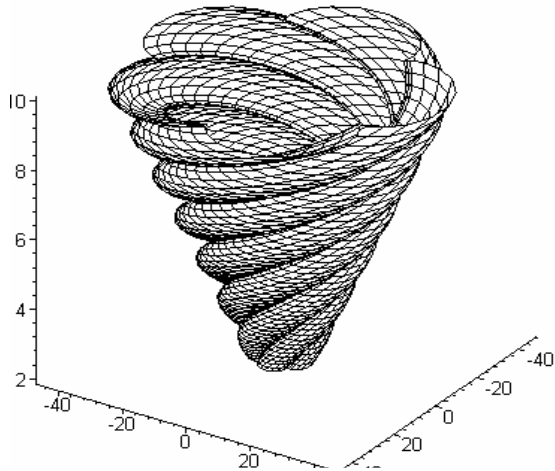


1. Епіциклоїда ($h=mR$, $m>0$) та циліндр ($k=0, n=1$);

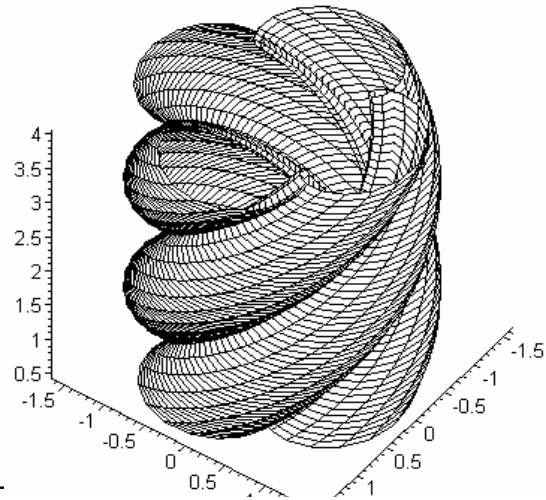


2. Епіциклоїда ($h=mR$, $m>0$) та конус ($k=-1$,

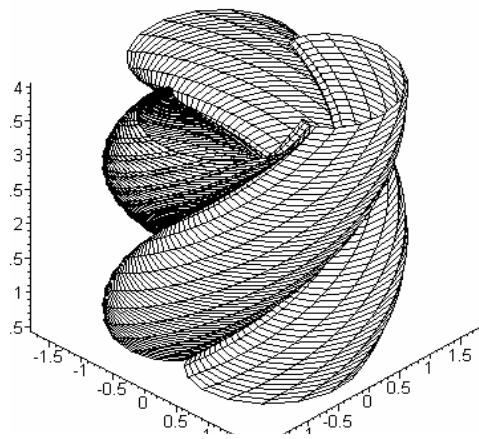
$n=0$);



3. Епіциклоїда ($h=mR$, $m>0$) та двопорожнинний гіперболоїд ($k=-1$, $n=-1$);



4. Трохоїдальна троянда (при $h=R+mR$, $m>0$) та циліндр ($k=0$, $n=1$);



5. Епітрохоїда ($h<mR$, $m>0$) та циліндр ($k=0$, $n=1$)

В наступних роботах необхідно: дослідити спіроїдальні поверхні та надати їх аналітичні моделі, тому що вони також можуть бути оптимальними для розробки конструкції розподільника сепаратора; розрахувати циклоїдальні та спіроїдальні поверхні з урахуванням гідравлічних параметрів.

Список літератури: 1. И. А. Кассирский, Г. А. Алексеев. Клиническая гематология, "Медицина", М, 1970 г. 2. Е. З. Рабинович. Гидравлика, М., 1961 г. 3. Большая медицинская энциклопедия: [в 30-ти томах АМН СССР]. Гл. ред. Б. В. Петровский. -3-е изд. - М.: т. 19 -370/2; т. 27 -170/1. 4. І.А. Скидан, С.О. Вірич. Поверхні з каркасом із циклоїдальних кривих.// Геометричне та комп'ютерне моделювання: збірник наукових праць. Випуск 4. ХДУХТ. - Харків, 2004. - с.46 - 55. 5.С.О. Вірич. Модель сепаратно-гвинтового фракціонування крові. //Труди Таврійської державної агротехнічної академії. Випуск 4. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Т.27. Мелітополь, 2004.- с.88-90.

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДИМЫМИ РЕСУРСАМИ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Возный А.М. (НУК, г. Николаев, Украина)

The ways of perfection of renewable resource management automation in shipbuilding was offered. Approaches to the modeling of production processes of shipyard was carry out. They allow to schedule in conditions of incomplete information and to optimize the renewable resources distribution with the selected criteria.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами. Судостроение является типичной проектно-ориентированной отраслью. Это означает, что для судостроительных предприятий наиболее эффективным является управление на основе проектов (management by the projects), когда вся деятельность по постройке судов рассматривается дискретно в виде проектов.

Для автоматизации процессов управления проектами применяются особый класс информационных систем – системы управления проектами. Несмотря на их многообразие, большинство из них имеют один и тот же набор базовых функций, а в их основе лежит классический математический аппарат календарно-ресурсного планирования, разработанный еще в 60-70 г.г. прошлого столетия.

Одним из основных объектов управления в проектах являются ресурсы. От того, насколько правильно подобраны и распределены ресурсы, зависят такие основные параметры проекта как длительность, стоимость и качество. Все ресурсы проекта условно делятся на воспроизводимые (люди, оборудование) и невоспроизводимые (материалы, деньги). Задача управления невоспроизводимыми ресурсами сводится к обеспечению необходимого их количества в определенные интервалы времени. Методически она не представляет особой сложности и успешно решается большинством автоматизированных систем управления проектами. Управление же воспроизводимыми ресурсами является сложной оптимизационной задачей и на сегодняшний день в общей постановке не реализована ни в одной из систем. Сейчас нахождение рационального распределения ресурсов в автоматизированных системах управления проектами – многошаговый процесс, который в значительной мере зависит от профессиональных навыков менеджера.

В связи с этим, возникает необходимость совершенствования автоматизированных систем управления проектами в данном направлении.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых начаты решения данной проблемы и на которые опирается автор. Основные вопросы и особенности управления ресурсами проекта изложены в [1, 2].

Решение задачи распределение воспроизводимых ресурсов по своей сути является компромиссным, поскольку каждый план распределения ресурсов имеет свои показатели длительности, стоимости и качества проекта. Методология принятия компромиссных решений по этим трем показателям описана в [2, 3]. Здесь подчеркивается, что оптимальность в данном контексте подразумевает оптимум по Парето. Очевидно, что данный подход применим только при относительно небольшом количестве альтернатив. В больших многосетевых моделях, характерных для судостроения, его применение возможно только после определенной доработки.

Применение моделей линейного целочисленного программирования в задачах управления судостроительным производством и проектами виртуальных производств в

судостроении представлено в [4, 5]. Также здесь описывается возможность использования для этих целей информационных систем различных классов.

Существенной проблемой управления судостроительным производством является отсутствие полной и точной информации на момент составления графиков постройки судов. Вопросам управления проектами в таких условиях посвящены разработки, проводимые в Российском научно-исследовательском институте искусственного интеллекта на базе аппарата недоопределенной математики и формальной модели времени, включающей систему логического вывода [6, 7].

Общие задачи совершенствования управления воспроизводимыми ресурсами судостроительного производства, а также пути их решения изложены в [8].

Выделение нерешенных прежде частей общей проблемы, которым посвящается обозначенная статья. Для эффективного применения автоматизированных систем в управлении ресурсами судостроительного производства, необходимо обеспечить выполнение ряда условий:

- адекватное моделирование производственных процессов с учетом неполной информации;
- наличие математической модели задачи распределения воспроизводимых ресурсов, а также метода ее решения;
- наличие механизмов трансформации данных модели производственных процессов в данные задачи распределения воспроизводимых ресурсов;

Формулировка задачи распределения возобновляемых ресурсов проекта, а также алгоритм ее решения приведены в [9]. Таким образом, нерешенными остаются задачи разработки модели процессов судостроительного производства, учитывающей наличие неполной информации на момент ее составления, а также ее увязка с методикой оптимизации распределения возобновляемых ресурсов. Это и является *целью данной статьи*.

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов. В практике передовых отечественных судостроительных предприятий, для планирования и координации процесса постройки судов используются только укрупненные модели (графики) постройки судов. Принятие решений по оперативному управлению производством (ресурсами) на основе таких моделей является достаточно проблематичным.

В основе детальной комплексной модели процессов постройки судов должна лежать иерархическая система планово-учетных единиц (ПУЕ). Судостроению присуща специфическая система ПУЕ, обусловленная конструктивными особенностями выпускаемой продукции, а также технологическими и организационными особенностями производственного процесса. В [4] приведена универсальная система ПУЕ постройки судов, отвечающая современным требованиям конструкторского, технологического, организационного и экономического характера. Состав системы ПУЕ включает в себя следующие уровни: заказ (судно); строительный район; конструктивно-технологический элемент; технологический комплект; бригадокомплект.

Бригадокомплект является неделимой работой комплексной сетевой модели постройки судов. Данные по бригадокомплектам могут агрегироваться в ПУЕ более высокого уровня. Однако на начальных этапах разработки проекта детализировать модель до уровня бригадокомплектов практически невозможно. В этом случае в качестве работы временно можно принимать ПУЕ более высокого уровня. Дальнейшая их детализация должна происходить по мере поступления новой информации.

Связи предшествования (технологические) в такой сетевой модели могут устанавливаться:

- между бригадокомплектами внутри технологического комплекта;
- между различными технологическими комплектами.

Специфика судостроительного производства не предусматривает установление связей предшествования между бригадокомплектами различных технологических комплектов (кроме начальных и завершающих). Это позволяет "сшивать" сетевую модель постройки судна из отдельных фрагментов-подсетей – технологических комплектов. В случае, если состав технологических комплектов неизвестен, допускается установление временных связей между ПУЕ более высокого уровня с последующей их заменой технологическими связями.

На рис. 1 приведен фрагмент календарного плана изготовления блока судна, в котором четко прослеживается иерархическая система ПУЕ: бригадокомплекты (сборка объема, сварка объема, правка секции) укрупняются в технологические комплекты (изготовление объемной секции), технологические комплекты укрупняются в техкомплекты и конструктивно-технологические элементы (секции, блок) более высокого уровня.

Разработав графики изготовления отдельных конструктивно-технологических элементов, можно проводить их дальнейшее укрупнение в строительные районы и судно в целом. Такой подход к формированию календарного плана позволит реализовать распределенную систему разработки плана проекта. В этой связи, перспективной для судостроения представляется модель концентрического управления, предложенная компанией Primavera (www.primavera.com).

В организационном плане, задачи управления производством на судостроительных предприятиях возложены на следующие структурные подразделения:

- планово-экономический отдел (ПЭО) – общезаводской уровень управления;
- производственно-диспетчерский отдел (ПДО) – межцеховой уровень;
- планово-распределительные бюро (ПРБ) цехов – внутрицеховой уровень.
- отдел строителей (менеджеров) проектов.

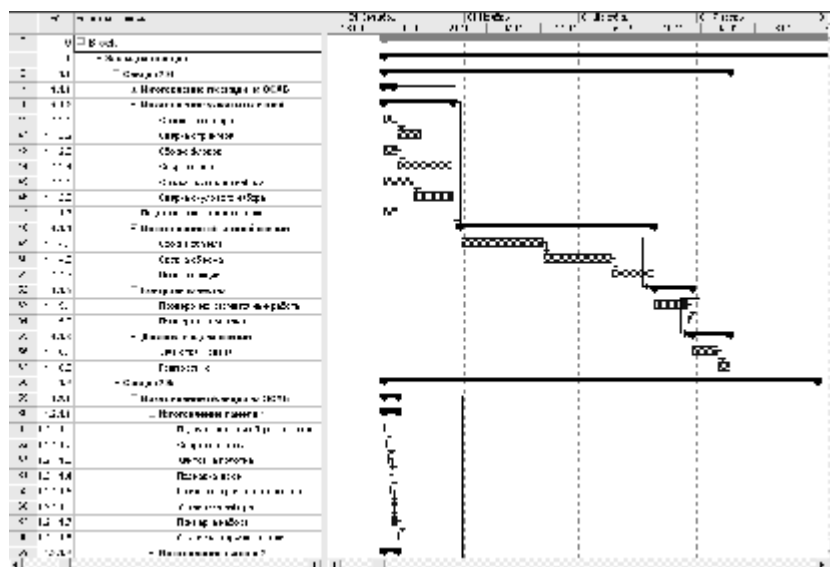


Рис. 1. Фрагмент календарного плана изготовления блока судна

На общезаводском уровне ведется управление портфелем проектов в целом: производится технико-экономическое планирование, формируются сводные графики

постройки судов, обеспечивается соблюдение директивных сроков и бюджета в целом. При этом используются такие планово-учетные единицы как судно, строительный район, конструктивно-технологический элемент, технологический комплект.

На межцеховом уровне обеспечивается координация работы цехов. Производственный процесс должен быть организован таким образом, чтобы к моменту завершения работ одним цехом, следующий по технологической цепочке цех был готов принять детали (узлы) для дальнейшей обработки. При этом необходимо устранить межоперационное пролеживание, а также простой производственных бригад. На данном уровне используется такая ПУЕ, как технологический комплект.

На внутрицеховом уровне обеспечивается ритмичная работа производственных участков и бригад. При этом исходят из директивных сроков, рассчитанных на межцеховом уровне. Используется такая ПУЕ как бригадокомплект.

Строители (менеджеры) проектов координируют процесс постройки отдельных судов.

В общем случае, технологию концентрического управления судостроительным производством с использованием программных комплексов управления проектами можно представить следующим образом.

Высшее руководство предприятия разрабатывает стратегию формирования портфеля проектов, а также, наряду с менеджерами проектов, координирует процесс постройки судов и соблюдение договорных обязательств. На данном уровне управления воздействие на производственные процессы возможно путем расстановки приоритетов на уровне таких ПУЕ как заказы, строительные районы, укрупненные конструктивно-технологические элементы. Непосредственные изменения в календарные графики не вносятся. Информация, необходимая для данного уровня управления, должна агрегироваться в режиме реального времени на основе рабочих календарных планов, разрабатываемых на более низких уровнях (например, путем публикации сводных календарных планов на веб-сервере).

За разработку технологического графика постройки судна отвечает строитель (менеджер) проекта. При этом основное внимание уделяется корректности модели постройки судна (состав и содержание работ, взаимосвязи между ними, прогнозируемые длительности работ с учетом всех возможных альтернатив).

Расчет календарных дат начала и окончания работ (генеральные графики постройки судов и сводный график постройки судов – стапельное расписание) должен производиться производственно-диспетчерским отделом при участии технологических служб на уровне всего портфеля проектов с использованием технологических графиков. При этом генеральные графики постройки судов должны быть производными от сводного графика, а не наоборот, как было ранее.

Детализация технологических графиков проектов до уровня технологических комплектов должна производиться на общезаводском уровне. Дальнейшая детализация до уровня бригадокомплектов должна производиться непосредственно в цехах. В конечном итоге, разработанные в цехах сетевые модели технологических комплектов вставляются в технологический график как подпроекты.

Большинство современных профессиональных и полупрофессиональных автоматизированных систем управления проектами (Primavera, Microsoft Project, Spider Project и др.) способны поддержать предложенную модель управления судостроительным производством. Основным требованием при этом является поддержка сборки и обновления проектов из отдельных подпроектов, а также возможность публикации данных на веб-сервере.

В силу определенной уникальности и высокой технической сложности каждого судна, в процессе постройки неизбежно возникают отклонения показателей плана от нормативных значений. Таким образом, разработка детальных и укрупненных норм высокой точности лишена практического смысла, а на начальных этапах разработки проекта – практически невозможна. Вместо этого предлагается представлять основные показатели плана (длительность, стоимость, потребность в ресурсах и т.д.) не одним числом, а интервалом (мультиинтервалом). Например, длительность работы может составить от 2 до 4 дней – $d = [2; 4]$. При этом определение расчетных параметров будет производиться методами интервальной математики. Ограничения проекта могут также быть представлены в виде интервала – проект должен быть закончен в период [1.04.2006; 20.04.2006]. В этом случае теряют смысл классические понятия критического пути и резервов времени. Резервы определяются только ограничениями, налагаемыми на проект. Минимальный срок реализации проекта ("критический путь") определяется нижним значением интервала длительности суммарной работы проекта. Это касается и стоимости проекта.

Интервальное представление данных проекта позволит не только учесть неточность в оценках различных показателей, но обеспечит полную совместимость с методикой, лежащей в основе оптимизации распределения возобновляемых ресурсов, где также в расчетах используется интервальные данные.

Получить интервальное расширение классической сетевой модели в существующих автоматизированных системах управления проектами можно либо при условии доступа к исходному коду, либо если система поддерживает пользовательские поля и пользовательские вычисления (в частности, такими свойствами обладает система MS Project). В последнем случае, для основных показателей календарного плана используется по два пользовательских поля для хранения верхнего и нижнего значений интервала. В MS Project можно также производить визуализацию интервальных значений календарного плана. Для этого используется возможность системы дополнительно выводить на диаграмму линии базового плана. В таком случае обычные значения сроков и длительностей используются для хранения нижних значений интервалов, а значения базового плана – верхних значений (рис. 2).

Две линии по каждой работе, представленные на диаграмме, нужно интерпретировать как ранние и поздние сроки выполнения с учетом всех налагаемых ограничений. Их не стоит путать с ранними и поздними сроками выполнения, которые рассчитываются по методу критического пути. Разница заключается в том, что для расчета поздних сроков по методу критического пути в качестве граничной длительности проекта используется критический путь, что не позволяет видеть реальных резервов времени каждой работы.

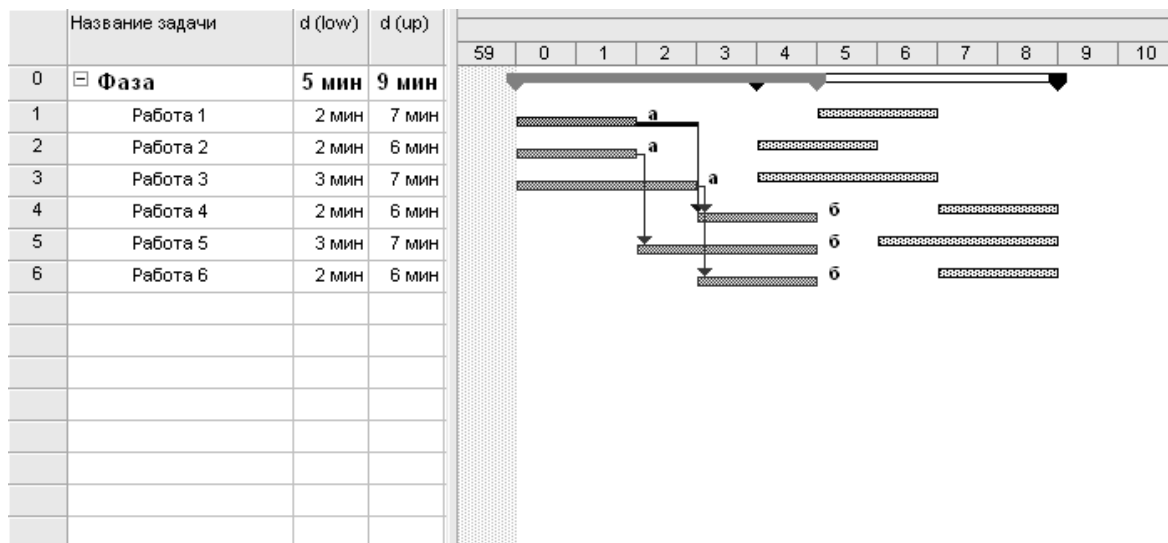


Рис. 2. Построение интервальных значений календарного плана в MS Project

На сегодняшний день основной проблемой ресурсного планирования с использованием автоматизированных систем управления проектами является негибкость при назначении ресурсов на работы проекта. Большая часть систем допускает лишь ручное назначение требуемого количества ресурсов, а некоторые (например, Spider Project) позволяют назначать "пул" ресурсов (группу взаимозаменяемых ресурсов) из которого программа выбирает требуемое количество согласно определенным алгоритмам. Каждый из этих подходов имеет свои недостатки.

Видится целесообразным применение полуавтоматического назначения ресурсов. При этом менеджер определяет группу взаимозаменяемых ресурсов (оптимально – через систему ролей), а система предоставляет менеджеру группу допустимых назначений (с учетом установленных ограничений) и предлагает оптимальное назначение по определенному критерию. Менеджер может воспользоваться предложенным оптимальным решением или выбрать другой ресурс, руководствуясь своими соображениями.

Предлагается следующий вариант реализации такой функциональности в среде MS Project. Определяется система ролей (квалификационных требований), которая задается в виде списка значений пользовательских полей работ и ресурсов. Для каждой работы выбирается одна или несколько ролей (требования к ресурсам). В свою очередь каждый ресурс имеет свою группу ролей (профессиональных возможностей). Таким образом, на основании простого запроса, в любой момент времени можно определить множество всех ресурсов, способных выполнить данную работу (множество альтернативных ресурсов).

Сформированная таким образом модель производственных процессов в дальнейшем беспрепятственно может использоваться для проведения оптимизации распределения воспроизводимых ресурсов, описанной в [9].

Выводы по данному исследованию.

Предложенные подходы к совершенствованию автоматизации управления воспроизводимыми ресурсами судостроительного производства позволяют:

- получать модели производственной деятельности судостроительного предприятия различной степени детализации;
- использовать распределенную систему формирования планов проектов, основанную на концепции концентрического управления;

- составлять планы при неполной информации;
- отслеживать реальные резервы времени выполнения работ;
- производить гибкое назначение ресурсов на работы проекта;
- производить оптимизацию распределения воспроизводимых ресурсов по выбранному критерию.

Перспективы дальнейшего развития в данном направлении:

- адаптация предложенных моделей к реальным производственным условиям, разработка необходимой нормативной и справочной информации;
- разработка комплексного критерия оптимального распределения воспроизводимых ресурсов;
- интеграция систем технической подготовки и управления судостроительным производством.

Список литературы: 1. Керівництво з питань проектного менеджменту: Пер. з англ./ Під ред. С.Д. Бушуєва, 2-е вид., перероб. – К.: Видавничий дім "Деловая Украина", 2000. – 198 с. 2. Управление проектами./ И. И. Мазур, В. Д. Шапиро и др. справочное пособие/ Под редакцией И. И. Мазур, В. Д. Шапиро. – М.: Высшая школа, 2001 – 875с. 3. Возный А.М. Рациональный выбор календарного плана проекта.// Управління проектами та розвиток виробництва. Збірник наукових праць. – 2004. - № 1(9). – С. 36-39. 4. Кошкин К.В., Павлов А.А. Алгоритмическое обеспечение управления проектами виртуальных производств в судостроении: Монография / К.В. Кошкин, А.А. Павлов – Херсон; Олди-плюс, 2001. – 178 с. 5. Кошкин К.В. Организация компьютерных интегрированных производств в судостроении: Монография. – Николаев: УГМТУ, 1999. – 220 с. 6. Нариньяни А.С., Седреева Г.О., Седреев С.В., Фролов С.А. Time-EX/Windows - Новое поколение технологии календарного планирования // Сб. Проблемы представления и обработки не полностью определенных знаний, Российский Научно-исследовательский институт искусственного интеллекта. – Москва-Новосибирск, 1996. 7. Банасюкевич Д.В., Гофман И.Д., Инишев Д.А., Нариньяни А.С. Интеллектуальная технология недоопределенного планирования и управления проектами Time-EX // Труды II-ой международной конференции CSCMP-2000. – Самара, 2000. 8. Возный А.М. Совершенствование системы управления воспроизводимыми ресурсами судостроительного производства.// Управління проектами та розвиток виробництва. Збірник наукових праць. – 2005. - № 1(13). – С. 145-153. 9. Возный А.М. Алгоритмическое обеспечение календарного и ресурсного планирования проектов как задачи удовлетворения ограничений.// Вестник ХНТУ. – 2006. – №1(24). – С. 528-532.

ВОЗМОЖНОСТЬ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ КОРПУСА СУДНА НА СОСТОЯНИЕ ВАЛОПРОВОДОВ

Волков Р.В., Иванов Д.Ю. (НУК, г. Николаев, Украина)

The possibility of estimation of shaft bearings displacements according to measured deformations as well as investigation results of the influence of operational hull deformations on laying state of the shaft and the main engine.

Деформации судовых валопроводов и остовов главных механизмов неразрывно связаны с деформациями днища корпуса судна. Исследованию этих взаимосвязей в процессе эксплуатации судов посвящены работы Ю.А.Шиманского [1], Д.Е.Искрицкого [2] и ряда их последователей. В результате исследований были разработаны рекомендации по учету де-

формаций судна при проектировании валопроводов, фундаментов главных двигателей и подшипников валопроводов.

Особый интерес представляют послеспусковые деформации корпуса судна вследствие изменения условий его поддержания.

Решить проблему обеспечения возможности окончательного монтажа судовых валопроводов и главных двигателей в период нахождения судна на стапеле позволили проведенные исследования [3–6], результатом которых явился метод активного влияния на обеспечение необходимой совместности деформаций валопровода и корпуса судна, начиная со стапельного периода строительства судна [3,4]. Этот метод, позволивший имитировать и упреждать на стапеле эксплуатационные изгибы корпуса судна, внедрен на ряде судостроительных заводов.

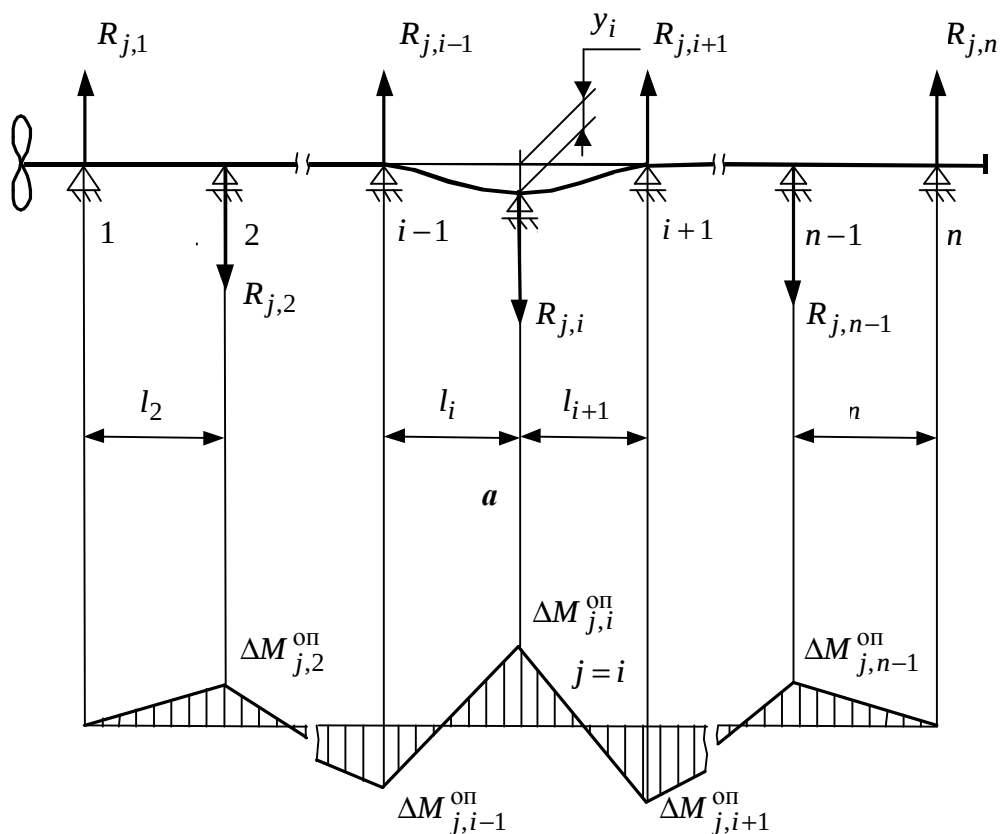
Следует отметить, что при внедрении и использовании этого метода результаты расчета имитирующих сил и практического их обеспечения на стапеле (исключая главные двигатели) оценивались только качественно – проверкой сохранения в пределах допусков после спуска на воду параметров укладки валопровода и выходного вала главного двигателя – нагрузок подшипников или несоосностей валов. Вместе с тем, объективная количественная оценка результатов имитации на стапеле сил поддержания корпуса судна предоставила бы новые возможности для дальнейшего совершенствования метода и повышения точности и полноты учета факторов, влияющих на деформации корпуса судна при постройке.

С другой стороны, существует необходимость проверки правильности предположений и результатов исследований влияния эксплуатационных (в том числе, остаточных) деформаций корпуса судна на состояние укладки судового валопровода и главного двигателя.

Для решения указанных задач имеет смысл использование исходного состояния упругой оси валопровода в качестве метрологической базы для измерений последующих относительных деформаций как самого валопровода, так и днища корпуса судна в районе расположения валопровода и главного двигателя.

Известно, что любое поперечное смещение y_i любой опоры i статически неопределимой многоопорной балки (рис.1,*а*), которой в расчетах представляется валопровод, приводит к появлению в сечениях балки дополнительных изгибающих моментов ΔM_i , эпюра которых показана на рис.1,*б*. При смещении нескольких опор относительно первоначальной оси валопровода (на рис.1,*а* условно показана прямой), что является следствием изменения формы упругой линии корпуса судна, появившиеся вследствие этого дополнительные изгибающие моменты суммируются, и их величины можно определить решением системы уравнений трех моментов типа [7]:

$$\begin{aligned} \Delta M_{i-1}^{\text{оп}} \frac{l_i}{I_i} + 2\Delta M_i^{\text{оп}} \left(\frac{l_i}{I_i} + \frac{l_{i+1}}{I_{i+1}} \right) + \Delta M_{i+1}^{\text{оп}} \frac{l_{i+1}}{I_{i+1}} = \\ = -6E \left(\frac{y_{i-1} - y_i}{l_i} + \frac{y_{i+1} - y_i}{l_{i+1}} \right). \end{aligned} \quad (1)$$



б

Рис.1. Расчетная схема для определения влияния смещений опор:
а – схема валопровода; б – эпюра изменений изгибающих моментов

Следовательно, зная величины y_i для всех опор, можно определить и $\Delta M_i^{оп}$ – величины изменений изгибающих моментов в каждом надопорном сечении балки.

Для решения поставленной выше задачи необходимо обратное – определить фактические величины y_i , вызвавшие появление этих дополнительных моментов.

Определение величин изменений изгибающих моментов в сечениях валов, вызванных дополнительным (по отношению к предыдущим измерениям) изгибом валов, может быть выполнено с помощью разработанного метода определения состояния укладки валопроводов по результатам измерения угловых деформаций валов [8,9]. Величины изменений изгибающих моментов в предлагаемом методе определяются по формуле:

$$\Delta M_i = \Delta_i k_{\Delta_i}, \quad (2)$$

где Δ_i – измеряемая величина, характеризующая изгиб вала в районе измерений; k_{Δ_i} – коэффициент, постоянный для конкретного участка валопровода при данном способе измерений.

Величины Δ_i с применением разработанного устройства могут быть измерены на большей части валопровода. Коэффициенты влияния смещений опор на величины изгибающих моментов в надопорных сечениях валов $M_{j,i}$ (изменение величины изги-

бающего момента над опорой i при смещении опоры j на ± 1 мм) определяются решением системы уравнений типа (1). Система уравнений составляется для вариантов смещения каждой опоры j на величину $y_{j,i} = 1 \text{ м} = 0,001 \text{ мм}$ при $i = j$, при этом в каждом варианте принимаются смещения остальных опор равными нулю.

По величинам $M_{j,i}$ определяются коэффициенты влияния смещений опор на их реакции – изменение реакции опоры i от смещения опоры j на 1 мм (см. рис.1,*a*):

$$R_{j,i} = \frac{M_{j,i-1} - M_{j,i}}{l_i} + \frac{M_{j,i+1} - M_{j,i}}{l_{i+1}}.$$

При рассмотрении приведенной на рис.2 эпюры $M_{j,i}$ можно видеть, что по условиям подобия:

$$\frac{M_{j,i-1} - M_{j,i}}{l_i} = \frac{M_{j,i-1}^{\text{изм.прав}} - M_{j,i}^{\text{изм.лев}}}{l_i^{\text{изм}}};$$

$$\frac{M_{j,i+1} - M_{j,i}}{l_{i+1}} = \frac{M_{j,i+1}^{\text{изм.лев}} - M_{j,i}^{\text{изм.прав}}}{l_{i+1}^{\text{изм}}},$$

где $M_{j,i-1}^{\text{изм.прав}}$, $M_{j,i}^{\text{изм.лев}}$, $M_{j,i}^{\text{изм.прав}}$, $M_{j,i+1}^{\text{изм.лев}}$ – величины изменений изгибающих моментов в средних сечениях участков измерений деформаций валов при смещении опор валопровода; $l_i^{\text{изм}}$ и $l_{i+1}^{\text{изм}}$ – расстояния между этими сечениями.

Следовательно, величины $R_{j,i}$ не зависят от расположения участков (двух в пролете) по длине пролета. Величины $R_{j,i}$ являются постоянными параметрами конкретного валопровода.

Изменение нагрузок подшипников при их смещениях:

$$\Delta P_i = P_i^{\text{исх}} - P_i^{\text{изм}},$$

где $P_i^{\text{исх}}$ – исходная величина нагрузки i -ого подшипника; $P_i^{\text{изм}}$ – измеренная величина нагрузки i -ого подшипника после смещения подшипников.

С учетом значений $R_{j,i}$ и величин смещений y_i опор (подшипников) изменение нагрузок подшипников при их смещениях может быть представлено в виде:

$$\Delta P_i = R_{1,i}y_1 + R_{2,i}y_2 + \dots + R_{i,i}y_i + \dots + R_{n,i}y_n, \quad (3)$$

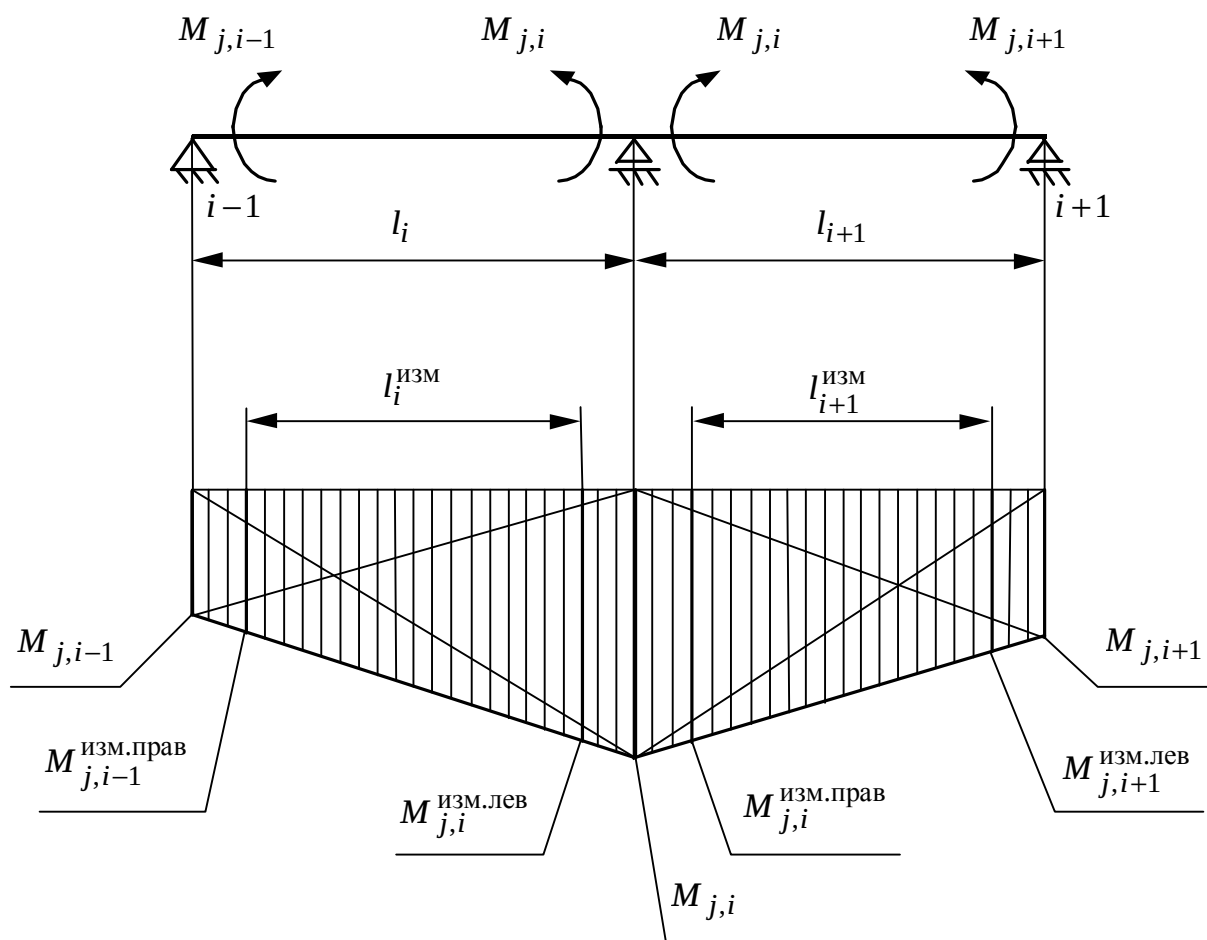


Рис.2. Схема обоснования измерений изгибающих моментов

С другой стороны, при использовании предлагаемого метода, величины изменений нагрузок подшипников могут быть определены как:

$$\Delta P_i = \frac{\Delta M_{i-1}^{\text{изм.прав}} - \Delta M_i^{\text{изм.лев}}}{l_i^{\text{изм}}} + \frac{\Delta M_{i+1}^{\text{изм.лев}} - \Delta M_i^{\text{изм.прав}}}{l_{i+1}^{\text{изм}}}, \quad (4)$$

где величины изменений моментов определяются по формуле (2) на основании результатов измерений деформаций, выполненных в соответствии со схемой, показанной на рис.2.

Таким образом, определив с помощью измерений и зависимости (4) величины ΔP_i , можно определить и соответствующие им значения смещений y_i по зависимости (3).

Для этого нужно составить систему n уравнений с n неизвестными (где n – число подшипников):

$$\begin{cases} R_{1,1}y_1 + R_{2,1}y_2 + \dots + R_{i,1}y_i + \dots + R_{n,1}y_n = \Delta P_1 \\ R_{1,2}y_1 + R_{2,2}y_2 + \dots + R_{i,2}y_i + \dots + R_{n,2}y_n = \Delta P_2 \\ \vdots \\ R_{1,i}y_1 + R_{2,i}y_2 + \dots + R_{i,i}y_i + \dots + R_{n,i}y_n = \Delta P_i \\ \vdots \\ R_{1,n}y_1 + R_{2,n}y_2 + \dots + R_{i,n}y_i + \dots + R_{n,n}y_n = \Delta P_n \end{cases} \quad (5)$$

Решение данной системы уравнений представляется удобным выполнять с применением определителей n -ого порядка:

$$y_i = \frac{\Delta^0 y_i}{\Delta^0}, \quad (6)$$

где Δ^0 – определитель системы,

$$\Delta^0 = \begin{vmatrix} R_{1,1} & R_{2,1} & \dots & R_{i,1} & \dots & R_{n,1} \\ R_{1,2} & R_{2,2} & \dots & R_{i,2} & \dots & R_{n,2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{1,i} & R_{2,i} & \dots & R_{i,i} & \dots & R_{n,i} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{1,n} & R_{2,n} & \dots & R_{i,n} & \dots & R_{n,n} \end{vmatrix}; \quad (7)$$

$\Delta_{y_i}^0$ – определитель, полученный из определителя системы заменой элементов при известных y_i (в данном случае – элементов столбца от $R_{i,1}$ до $R_{i,n}$) свободными членами уравнений – значениями ΔP_i .

Из выражения (7) видно, что величина определителя системы Δ^0 зависит только от величин коэффициентов влияния смещения опор валопровода $R_{i,i}$, которые для конкретного валопровода являются постоянными и не изменяются при искривлениях его оси. Следовательно, величина Δ^0 для данного валопровода является также постоянной, и может быть определена на стадии проектирования валопровода.

Определитель $\Delta_{y_i}^0$ может быть представлен в виде:

$$\Delta_{y_i}^0 = \Delta P_1 A_1^i + \Delta P_2 A_2^i + \dots + \Delta P_i A_i^i + \dots + \Delta P_n A_n^i, \quad (8)$$

где $A_1^i \dots A_n^i$ – алгебраические дополнения элементов $\Delta P_1 \dots \Delta P_n$ определителя $\Delta_{y_i}^0$ с учетом знака.

Рассмотрев алгебраические дополнения этих элементов, можно видеть, что они так же, как и определитель системы, зависят только от величин коэффициентов влияния и, следовательно, для конкретного валопровода являются величинами постоянными.

Тогда выражение (6) с учетом выражения (8) может быть представлено в виде:

$$y_i = \frac{A_1^i}{\Delta^0} \Delta P_1 + \frac{A_2^i}{\Delta^0} \Delta P_2 + \dots + \frac{A_i^i}{\Delta^0} \Delta P_i + \dots + \frac{A_n^i}{\Delta^0} \Delta P_n$$

или

$$y_i = k_1^i \Delta P_1 + k_2^i \Delta P_2 + \dots + k_i^i \Delta P_i + \dots + k_n^i \Delta P_n, \quad (9)$$

где $k_i^i = \frac{A_i^i}{\Delta^0}$ – постоянные для конкретного валопровода коэффициенты, вычисленные заранее.

В таком виде система уравнений (9) удобна для решения как инженерных задач при расчете оптимальных параметров укладки валопроводов, так и для решения практических вопросов, возникающих при центровке валопровода на судне. Для получения однозначного решения принимают граничные условия – равенство нулю перемещений двух опор валопровода.

Тогда уравнение (9) примет вид:

$$y_i^{y_1=0, y_n=0} = k_2^i \Delta P_2 + \dots + k_i^i \Delta P_i + \dots + k_{n-1}^i \Delta P_{n-1}.$$

Аналогичные уравнения можно получить для определения искривления оси валопровода относительно прямой, соединяющей любые две опоры, выбранные в качестве базовых.

Таким образом, использование разработанного метода контроля состояния укладки валопровода позволяет по результатам измерений деформаций валов определить реальные смещения подшипников валопровода и, с использованием полученных уравнений, оценить изменение формы оси валопровода вследствие эксплуатационных деформаций корпуса судна.

Список литературы. 1. Шиманский Ю.А. Исследование главных факторов, влияющих на работу судовых валопроводов. – Ленинград: Судпромгиз, 1954. **2.** Екимов В.В., Искрицкий Д.Е. Влияние деформации корпуса судна на смещение опор валопровода. – Судостроение. – 1973. – № 3. – С.46–48. **3.** Босый Б.Н., Иванов Ю.Н., Кочанов Ю.П., Петрушин А.Ф. Окончательный монтаж главных механизмов до спуска судна на воду. – Технология судостроения. – 1977. – № 2. – С.46–49. **4.** Кочанов Ю.П., Батрак Ю.А., Лавров Н.Н. Оптимизация имитационных нагрузок для окончательного монтажа главных двигателей и валопроводов на стапеле. – Тезисы докладов на Всесоюзной научно-технической конференции "Проблемы повышения надежности судовых валопроводов". – Ленинград: Судостроение, 1988. **5.** Волков Р.В. Монтаж судовых газотурбинных установок. – Л.: ИПК, 1981. – 24 с. **6.** Соловьев С.Н., Волков Р.В. Особенности монтажа судовых энергетических установок по теоретическим осям. // Зб. наук. Праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2004. № 5(398). – С.87–91. **7.** Гармашев Д.Л. Монтаж судового механического оборудования. – Ленинград: Судостроение, 1961. **8.** Волков Р.В., Иванов Д.Ю. Новый способ контроля параметров укладки валопроводов при постройке, эксплуатации и ремонте судов // Зб. наук. праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 2000. – № 3(369). – С.127–130. **9.** Иванов Д.Ю. Теоретические предпосылки контроля параметров укладки судового валопровода по величинам деформаций валов // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сборник научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2004. – Вып.28. – С.67–70.

ПОЛУЧЕНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ В ТВЕРДО-ЖИДКОМ СОСТОЯНИИ

Волочко А.Т., Ласковнев А.П., Макарова Ж.Е. (ГНУ "ФТИ НАН Б", г. Минск, Республика Беларусь)

The paper describes the processes of producing aluminium items and SSM technologies. The results are presented concerning practical use of these methods.

Использование методов формообразования в твердожидком состоянии является одним из перспективных процессов получения изделий в машиностроении, причем их основная часть производится литьем под давлением (ЛПД). Это отличает способы высокой производительностью и низкой стоимостью заготовки, быстрым остыванием сплава в металлической оснастке, что приводит к получению мелкозернистой структуры. В последнее время для уменьшения пористости отливок процесс ЛПД осуществляют вакуумированием или вентилицией пресс-форм с контролируемой скоростью впрыска сплава.

При создании в жидко-твердой массе избыточного числа центров кристаллизации в отливке формируется структура с недендридной формой зерна. Его измельчение при наложении сдвиговых деформаций и скорости охлаждения позволяет получать материалы с высокими эксплуатационными свойствами (управлять структурой зерна).

Условия формирования недендридной структуры могут быть получены с использованием методов тиксо- и риолитья. В этих способах половину твердой фазы получают вне формообразующей оснастки, в условиях затвердевания препятствующих развитию дендридных форм кристаллов, что отличает их от традиционных способов литья.

При тиксолитье мерная заготовка получается охлаждением до комнатной температуры и затем повторно перед формообразованием нагревается до температуры ликвидус-солидус диаграммы состояния. При риолитье кристаллизация до жидко-твердого состояния осуществляется в одну стадию без промежуточного охлаждения и повторного нагрева с промежуточной тепловой стабилизацией заготовки. Охлаждение до температуры ликвидус-солидус может быть достигнуто и введением твердых частиц (порошков, гранул) того же состава, что и расплав.

Процессы осуществляют на специальном оборудовании (в том числе используются прессы обработки металлов давлением и литейные пресс-машины) при давлении прессования 40 – 80 МПа. Скорость металла в литниковом ходе не превышает 10 м/с, что ниже скорости литья под высоким давлением (10 – 100 м/с). Для сравнения, скорость металла в литниковом ходе под средним давлением 3 – 6 МПа составляет 2 – 8 м/с, при жидкой штамповке – 1 – 4 м/с.

Внедрение процесса тиксоформования в твердожидком состоянии требует освоения следующих технологий: производство заготовок, процесс нагрева, а также реализация способов ЛПД с контролем адаптированности структуры частиц к сдвигу.

При освоении технологий возникают следующие трудности:

- при содержании в заготовке жидкой фазы 40 – 60% ее транспортирование как твердого тела без нарушения геометрической формы затруднительно;
- узкий интервал температуры, связанный с допустимым изменением доли жидкой фазы, может приводить к ее фильтрации через каркас частиц кристаллов и образованию дефектов микроструктуры;

- для тиксоформования применим ограниченный класс алюминиевых сплавов.

Присутствие в материале твердых дисперсных частиц (твердых смазок, оксидов, карбидов) требует повторного частичного расплавления и выдержки, что может уменьшить эффект достижения эксплуатационных свойств материала.

Методы порошковой металлургии позволяют получать алюминиевые порошки, как из расплава, так и механическим диспергированием стружечных отходов. Кроме того, методы отличаются универсальностью, как в получении разных составов и морфологий частиц, так и возможностью управления их размером и соотношений. Это позволило разработать способы формообразования изделий с использованием дополнительных порошков сплава-припоя. Сущность разработанных способов сводится к тому, что материал формы прессовки обладает свойствами устойчивого твердого тела до попадания в формообразующую полость и преобладает свойствами вязкопластичной среды под действием нагрузки и сдвигающих напряжений.

Новизна предложенных способов сводится к тому, что процесс сложного формообразования изделий из алюминиевых порошков осуществляется при расплавлении дополнительных порошков сплава-припоя, введенных в состав заготовки на стадии приготовления шихты и выбранных в соответствии с выработанными принципами:

- воспроизводимость процесса в устойчивом режиме определяется температурой плавления дополнительного сплава-припоя и должна быть ниже температуры плавления основного сплава алюминия;

- обеспечение хорошей жидкотекучести, смачивающей способности, обеспечение высокой коррозионной стойкости и механических свойств;

- реологические свойства частиц (морфология, размер, соотношение) должны обеспечивать равномерность распределения жидкой фазы и определять вязкость материала прессовки;

- применение должно быть экономически целесообразно.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ ТЕРМИЧЕСКИХ ПЕЧАХ

Волошин А.И., Плескач Б.В. (ЗАО «НКМЗ», г. Краматорск, Украина)

The paper deals with the aspects of numerical simulation of thermal physics processes in the vertical furnaces by means of design complex "Flow Vision". The conducted analysis showed the possibility of flexible control of billet heating in any operating conditions of furnace equipment. In the aggregate with creation of the automated temperature control this allows to solve practical problems in the frame work of the logical system of serial burning.

Одной из направлений инновационной деятельности ЗАО «НКМЗ» является создание ресурсосберегающего оборудования и технологических процессов тепловой обработки деталей. В условиях сложной энергетической ситуации минимизация расходов энергоносителей сопровождается повышением требований к качеству и однородности механических свойств продукции. При этом за счет принятых конструкторских, проектирования эффективного теплового ограждения и герметизации печного пространства, а также разработки рациональных режимов работы горелок и внедрения автоматизированной системы управления их работой температурная неравномерность в

печи должна была быть снижена до мирового уровня, с $\pm 10^0\text{C}$ до $\pm 5^0\text{C}$ в диапазоне рабочих температур 250...1150⁰ C.

В процессе работы были поставлены следующие цели исследования:

- моделирование тепловых потоков в печи и определение зон затрудненного теплообмена;
- анализ конструкции и выбор рационального положения горелок в пространстве;
- расчет и оптимизация интервалов горения тепловой мощности газовых горелок.

Применение традиционных расчетных методик [1], основанных на аналитических моделях, сопровождается значительным количеством допущений и не позволяет решить поставленные задачи в полном объеме. Известны [2, 3] результаты использования универсальных программных комплексов для решения такого рода проблем, что дает возможность с большой степенью достоверности анализировать реальные теплофизические процессы. Учитывая целый ряд преимуществ, в качестве инструментария был выбран специализированный программный комплекс Flow Vision 2.3 [4], разработанный российской компанией «ТЕСИС», г. Москва и предназначенный для моделирования трехмерных турбулентных течений жидкости и газа.

В качестве объекта исследования была принята вертикальная термическая печь, в которой через вертикальные ряды горизонтально ориентированных навстречу друг другу прямоточных горелок, осуществляется подача нагретых до температуры 1300⁰C продуктов сгорания. Разогретая газозоудная смесь создает тепловые потоки, вариация параметрами которых позволяет реализовать требования к температурной равномерности в рабочем пространстве.

Задача решается со следующими допущениями:

- течение в горелках не рассматриваются;
- продукты сгорания горелок моделируются в виде горячей струи воздуха, которая имеет постоянную температуру.

Геометрическая модель печи (рис. 1) создана в системе Solid Works и представляет собой вертикальный цилиндр высотой 9850 мм и диаметром 2510 мм. В стенках печи расположено 12 нагнетающих цилиндрических каналов, имитирующих прямоточные горелки. Оси всех каналов ориентированы горизонтально и направлены по касательной к стенке печи. Каналы с шагом 120° расположены на спирали, лежащей на стенке печи, и образуют три группы вертикально расположенных нагнетателей, по 4 штуки в каждой. Направление каналов в группах меняется на противоположное относительно друг друга. При этом сохраняется условие касательного расположения к стенке печи. В нижней части печи расположен выход прямоугольного сечения. В качестве типовой садки печи вертикально располагаются две цилиндрические металлические болванки диаметром 800 мм и высотой 7000 мм.

В начальный период времени принимается однородное распределение переменных: скорость $V_x = V_y = V_z = 0$ м/с; давление $P = 0,1013$ МПа; температура $T = 20^0\text{C}$.

Задача решается при следующих граничных условиях для проточной части.

Вход:

- скорость $V = 60$ м/с (направлена по нормали к границе);
- температура $T = 1300^0\text{C}$.

Выход:

- давление - свободный выход.

Стенка:

- температура - нулевой тепловой поток.
- шероховатость $\sqrt{\text{ }} = 6$ мкм.

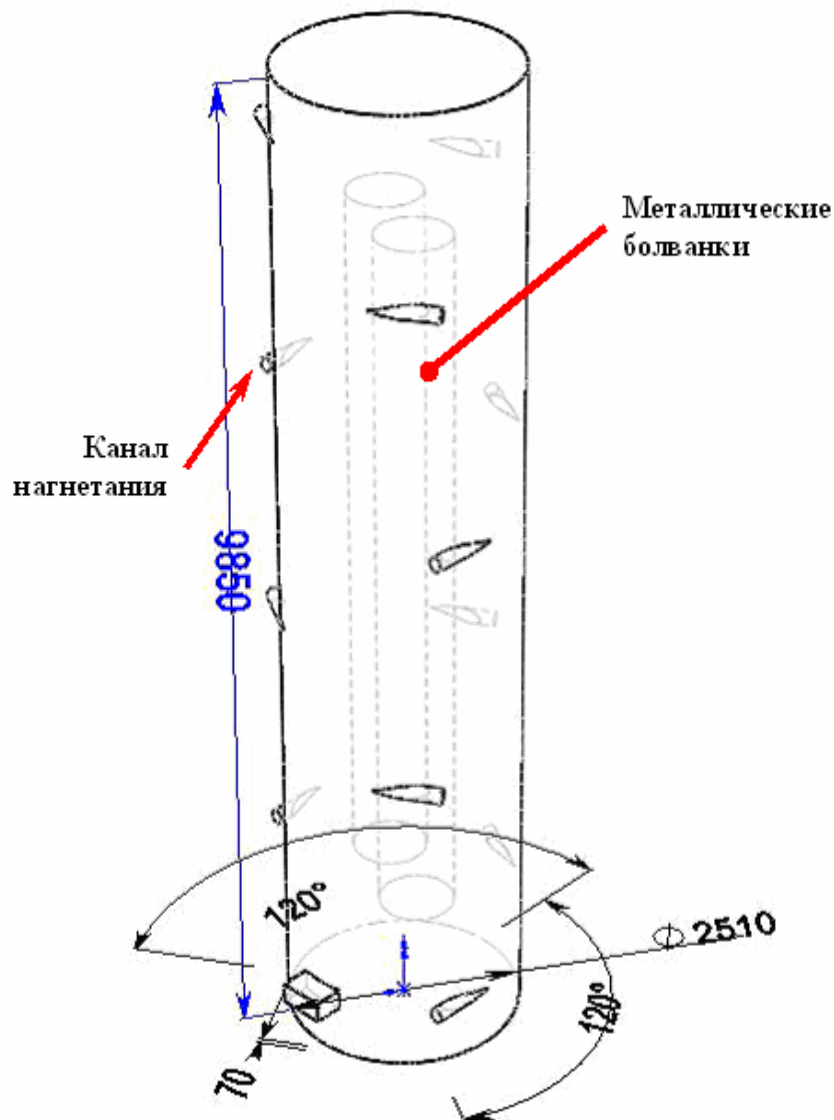


Рис. 1. Геометрическая модель расчетной области

В области проточной части принята модель турбулентного слабосжимаемого течения. Математическая модель движения жидкости (газа) представляет собой совокупность уравнений конвективно-диффузионного переноса. Производится расчет уравнений Навье - Стокса для скорости и давления, уравнения энергии, уравнения для модели турбулентности к-Epsilon. В обобщенной дифференциальной форме уравнения конвективно-диффузионного переноса имеют следующий вид:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \nabla(\mathbf{V}f) = \nabla(D\nabla f) + Q$$

здесь f – рассчитываемая переменная, V - скорость, D - коэффициент диффузии, Q – первичная функция (источник энергии).

Задача решается в декартовой системе координат. Используется ортогональная расчетная сетка с локальной динамической адаптацией сетки по граничным условиям.

В качестве численного метода использован метод конечного объема [5]. Конечно-разностная сетка начального уровня состоит из 20355 ячеек. Окончательный объем

адаптированной сетки оставляет 56172 расчетных ячеек. Для оценки точности получаемого решения при выборе степени сгущения сетки применялся принцип сходимости, заключающийся в проведении серии расчетов одной и той же задачи на сетке, которая последовательно сгущается во всей области расчета. Для обеспечения адекватности расчетной модели и реального технологического процесса используется температура замеряемая в отдельных областях работающей печи.

В результате расчета получены поля температур в печи за полный период нагревания печного пространства до стационарной температуры и анализировался режим периодического включения-выключения горелок для поддержания этой температуры. На рис. 2 и 3 приведены графики, характеризующие динамику технологического процесса, а на рис. 4 - этапы развития температурного поля в печи через равномерные промежутки времени, приблизительно равные 4, 5 секунды.

Из рисунков и графиков следует:

- равномерный прогрев среды внутри печи и выход на стационарный режим производится за 30 секунд, при этом процесс интенсивного нагрева пространства наблюдается в течение первых ≈ 20 с. В последующий период происходит выравнивание температуры в пространстве печи;
- процесс прогрева объема осуществляется от нижней половины с постепенным распространением температуры до верхней зоны печи;
- при несомненности явления постепенного прогрева печи, наблюдается существование застойных зон с пониженным значением температур, что указывает на возможность изменения конструкции системы удаления продуктов сгорания и необходимость поиска более рациональных режима управления горелками.

На рис. 5 показана зависимость от времени экстремальных температур в печном пространстве, из которого следует постепенное уменьшение градиента средних температур и увеличение градиента минимальных температур в начальный период времени с их приблизительным выравниванием к моменту полного прогрева печи. Расчетный перепад температур как в печи, так и на поверхности заготовок не превышает проектных характеристик. При последовательном включении и выключении горелок в режиме автоматического управления горелками обеспечивается температурная равномерность в печи на уровне $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

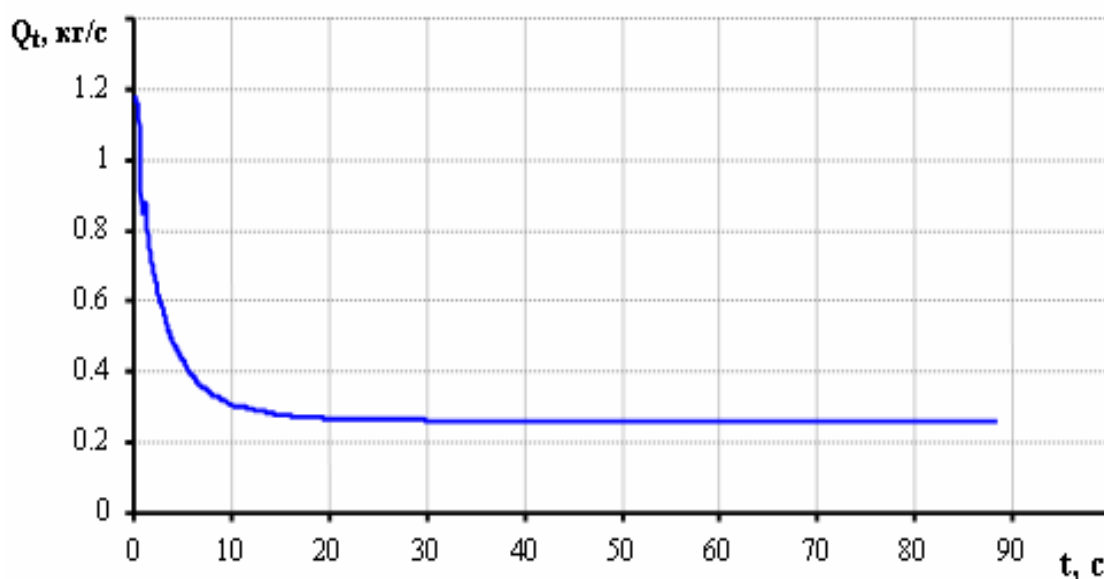


Рис. 2. Расход энергоносителя на выходе из печи в зависимости от времени

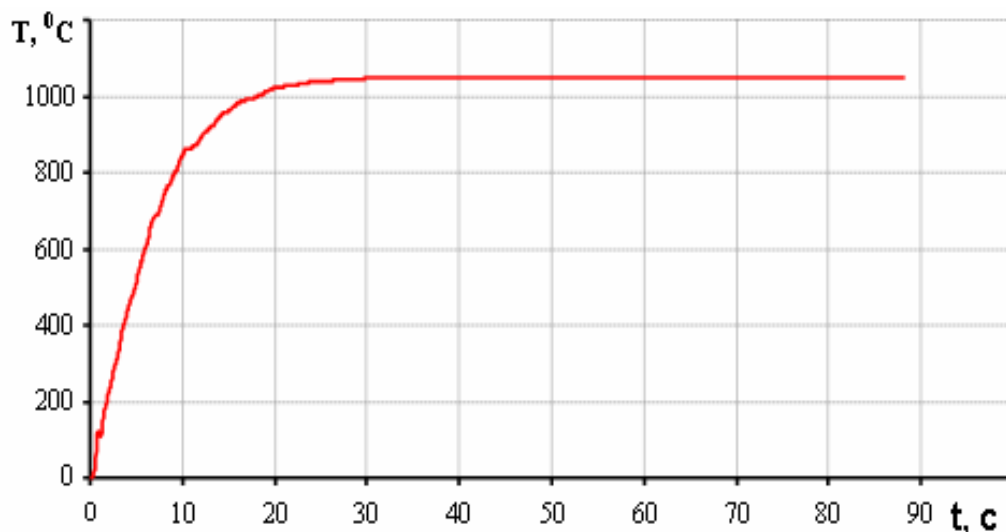


Рис. 3. Температура среды на выходе из печи в зависимости от времени

Малый температурный градиент для нагреваемой продукции и контролируемое расположение «захоженных меток» позволяет утверждать о равномерных теплофизических процессах в рабочем пространстве печи и на заготовках, об отсутствии существенных температурных деформаций и напряжений в процессе нагрева, а также об обеспечении стабильности механических свойств материала, а, соответственно, о повышении качества технологического процесса.

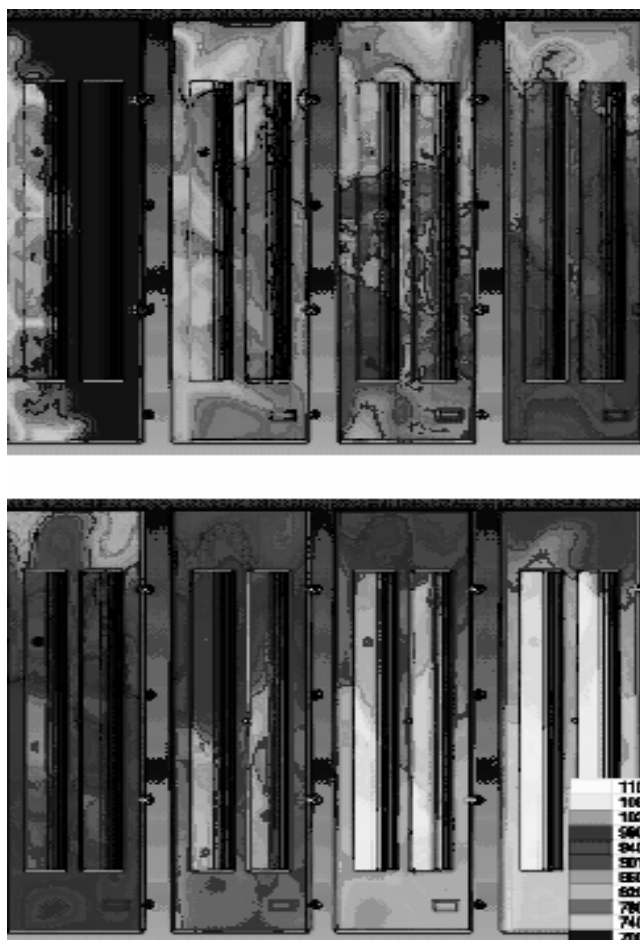


Рис. 4. Распределение температуры в процессе нагрева печи

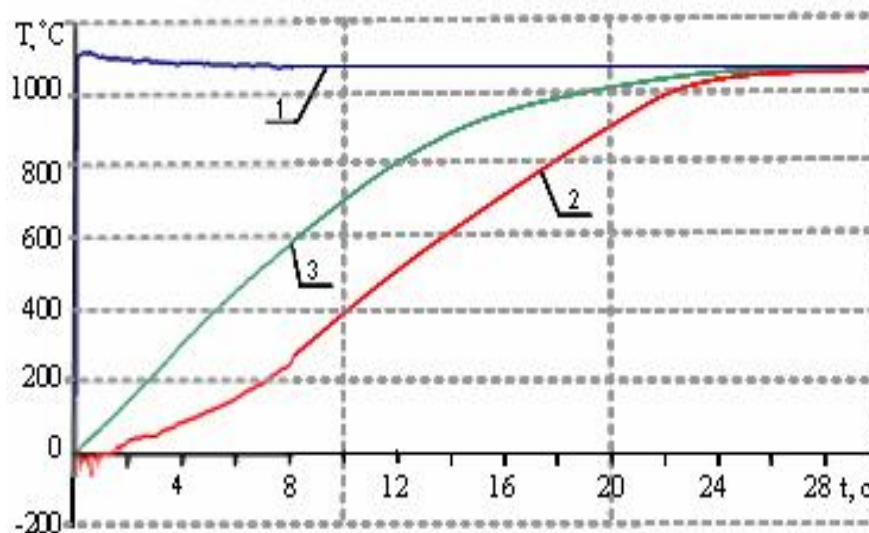


Рис. 5. Распределение температур в объеме печи в зависимости от времени:
1 - максимальные (в области горелок), 2 - минимальные, 3 – усредненные

В заключение отметим, что применение новых технических решений при проектировании технологического оборудования с использованием математического моделирования позволили повысить КПД газопламенных печей не менее чем в два раза.

Выводы:

1. Впервые поставлена и решена задача моделирования тепловых процессов на основе применения программного комплекса вычислительной динамики жидкости и газа FlowVision.

2. В результате исследования была получена динамика изменения температурного поля в печи при последовательном включении-отключении горелок и показана принципиальная возможность автоматического управления работой горелок для обеспечения температурной равномерности вне зависимости от номенклатуры обрабатываемых изделий.

3. Применение результатов проведенного исследования совместно с разработанным автоматизированным регулированием тепловыми режимами позволяет проектировать систему логики импульсного горения [3], предусматривающую количество и продолжительность циклов работы каждой горелки и назначение их индивидуальной энергии.

Список литературы: 1. Казанцев Е.И. Промышленные печи. – М: Металлургия, 1975. – 368 с. 2. Copin C., Boineau P. Continuous industrial furnaces: direct or industrial heating. // CFX Update. – London: AEA Technology, 2000. – No 19, p.14. 3. Бончи П. Новое поколение нагревательных печей. // Металлургическое производство и технология металлургических процессов М.: 2005. – № 1. с. 52-57. 4. Аксенов А.А., Коньшин В.Н. Применение программного комплекса Flow Vision для проектирования авиакосмических конструкций. // САПР и графика. М. – 2004. – № 11. с. 67-69.

К ПРОБЛЕМЕ ВОСПОЛНЕНИЯ НАУЧНО-ИНЖЕНЕРНОЙ ЭЛИТЫ РОССИИ

Волчкевич Л. И. (МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва, Россия)

Scientific and engineering elite of soviet times is used up itself. Generation of 90-s is already unable to turn it to the same highs of creative work. The head aim of engineering Higher School is not “the fighting” for all contingent, but the training elite of new generation.

Любые научно-технические прорывы – это в первую очередь труд и заслуги научно-инженерной элиты, выдающихся личностей, способных на радикальные замыслы и свершения.

Элита страны – это динамическая система; все гении рано или поздно уходят, – сначала с достигнутых вершин, а затем из жизни. Им на смену должна приходить талантливая и ищущая молодежь, обеспечивая преемственность научных и инженерных школ. Но путь к этому долог и тернист. Ибо к тому, что заложено в конкретной личности природой, необходимо добавить: 1) серьезное образование; 2) долговременный самоотверженный труд, с «познанием себя»; 3) достойную востребованность потенциала личности, благоприятные обстоятельства жизни и деятельности.

По-видимому, среди этих факторов определяющим и во всяком случае наиболее управляемым является высшее профессиональное образование – знания, навыки и мышление, приобретенные на студенческой скамье.

В советские времена, когда выявлению и развитию талантов в вузах уделялось немалое внимание, именно восполняемая элита, а не количественный рост дипломированных специалистов, обеспечивали стране научно-технические прорывы и мировой авторитет во многих областях. Объективно в те времена наиболее талантливые выпускники в инженерных вузах концентрировались именно там, где создавалось экономическое и оборонное могущество страны.

Крушение великой страны пагубно отразилось и на нашей элите. Старшее поколение стареет и неизбежно деградирует. Многие молодые направляют свои таланты лишь на личное обогащение. Бойкие мастерски выстраивают всевозможные «пирамиды», или откусывают в свою собственность огромные куски национального богатства. Менее удачливые рассеиваются по бесчисленным коммерческим структурам, отдавая свой талант обогащению тех, кто преуспел раньше.

Это состоявшееся поколение к созидательной научно-производственной деятельности на благо страны уже не повернуть. Надежда на тех, кто сегодня на студенческой скамье. И сейчас, когда появились надежды на материальное укрепление, а в перспективе – и на моральное оздоровление нации, должно быть обращено особое внимание не только на качество образовательного процесса в целом, но особо – на воспитание и пополнение будущей научно-инженерной элиты страны!

Есть опасность, что разрабатываемая национальная программа по образованию, как не раз бывало, обернется подменой цели средствами, а именно – «подкормкой» отдельных преподавателей и отдельных вузов (будем надеяться, наиболее достойных среди нищенствующего сословия!). Но без постановки четких и радикальных по содержанию требований к организации учебного процесса в вузах, цели достигнуты не будут.

На младших курсах вузов все поступившие хотят учиться, но не у всех это получается. Отсюда значительные отчисления, при этом – не всегда малоспособных! На старших курсах нормально учиться могут все оставшиеся, но стараются далеко не все. Контингент четко структурируется на:

- инженерно-талантливых (не обязательно это «круглые» отличники). С их успеваемостью хлопот нет, а значит – и внимания. Некоторых привлекают к научной работе на кафедрах, но добровольно и бессистемно.

- «середняков», которых основная масса. Занимаются они без особых срывов и озарений. Порой здесь скрываются таланты, которые на студенческой скамье остаются «не разбуженными». Но в основном это будущие добросовестные исполнители.

- равнодушных и нелюбопытных, уцелевших разными способами при «зачистках» на младших курсах. За редким исключением, толковых инженеров из них не вырастает. Выгодность студенческого статуса они понимают, но утруждать себя не хотят. В результате – невиданные в вузе ситуации, когда на старших курсах «хвостистов» оказывается больше, чем на младших!

Но именно на данной категории, которая в будущем явно не составит славу родному вузу, сосредотачиваются все усилия вузовского коллектива: от ректора до кураторов групп. Бесконечное внимание, уговоры, потворство и всепрощенчество, затягивание «хвостизма» едва ли не до следующей сессии и т. д. и т. п. – все это лихорадочно делается для «сохраняемости общего контингента студентов», от чего напрямую зависит штатная численность преподавателей.

Одним словом, вузовские коллективы мобилизуются не на огранку талантов, а на буксировку разгильдяев(!), которые все это воспринимают как должное и даже за «тройком в зубы» не очень торопятся.

Если мы хотим по-настоящему поднять качество инженерного образования, нужно начинать с замены главной целевой функции технических вузов (первоначально - ведущих). Ею должно стать «раскрытие и воспитание личностей, пополнение научно-инженерной элиты страны». Пусть даже таковых выпускников будет единицы. Добросовестные исполнители должны рассматриваться как побочный полезный результат; ленивые и равнодушные должны доучиваться за собственный счет. Конкретика действия:

- 1) Максимальное внимание к талантам через персональные стипендии, закрепление ответственных научных руководителей за 2-3 года до окончания вуза; персональная научно-техническая тематика с регулярной отчетностью и т. п.

- 2) Перестройка системы самостоятельной работы студентов на старших курсах: не закрепление лекционных сведений, а раскрытие и развитие индивидуальных наклонностей и способностей каждого к конкретным видам инженерной, научной, организационной и коммерческой и др. деятельности; желательно с реальной практической отдачей ещё в процессе обучения.

- 3) Сохранение сложившейся методологии обучения для основной массы студентов; не секрет, что типовые учебные планы и программы вузов рассчитаны именно на «средний» контингент.

- 4) Ужесточение требований к ленивым и равнодушным по принципу «неотвратимости последствий» (Образно – «Если ты заленился и опоздал на электричку, она тебя ждать не

станет!»). А именно – при несданных к концу «хвостовой» сессии предметах студент либо отчисляется, либо переводится на курс ниже (с оформлением академического отпуска), но продолжает далее обучение уже на платной основе.

Не смотря на видимую простоту и конкретность предлагаемых мероприятий, их реализация потребует «слома» многих устоявшихся канонов организации вузовского обучения. Но иных путей нет. Научно-инженерная элита страны выращивается и собирается по крупицам (*Вспомним слова В. В. Маяковского: «В год работа – в грамм труды!»*). Потеря преемственности между старшим поколением, которое сформировалось ещё во времена СССР, и молодым, которое не успеет сформироваться – это потеря многих традиций и наработок, это тяжелый удар по законным стремлениям России вернуть себе полноценный статус Великой Державы.

ОБ ИННОВАЦИОННОМ АСПЕКТЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ

Воскобойникова Н.П., Клягин Г.С. (ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Cet article est dû aux réflexions concernant des aspects d'innovation en matière de méthodologies d'enseignement / apprentissage de la langue française comme langue étrangère dans le contexte du document du Conseil de l'Europe "Cadre Européen commun de référence pour l'apprentissage et l'enseignement des langues: apprendre, enseigner, évaluer". Les recommandations du Conseil de l'Europe intègrent la mobilité des étudiants, des chercheurs, des professeurs, la compréhension de différentes cultures et l'apprentissage tout au long de la vie.

В современном быстро меняющемся мире инновационный аспект любой деятельности приобретает особую роль и часто является залогом успеха. Относится это в полной мере и к области преподавания иностранных языков. Эти изменения касаются сегодня большого разнообразия культурного, религиозного, этнического мировоззрения учащихся, их социального положения, а также технического прогресса и деллокализации большинства средств производства. Нельзя забывать и о развитии знаний и умений как факторов, которые также диктуют нам необходимость переосмысления роли и миссии учебных заведений [1] .

Вопрос инноваций в области технологий обучения иностранным языкам постоянно и подробно рассматривается в работах, например, таких европейских организаций, как Division des politiques linguistiques du Conseil d'Europe и Centre Européen pour les langues vivantes. Эти организации способствовали зарождению и развитию основных инструментов, признанных всеми участниками процесса обучения языкам и которые определенным образом влияют на процессы развития методики обучения языкам. Речь идет об Общеввропейских рекомендациях в области языковой подготовки ("Cadre Européen commun de référence pour l'apprentissage et l'enseignement des langues: apprendre, enseigner, évaluer") и "Portfolio européen des langues". В этих документах роль обучения языкам в воспитании и образовании людей рассматривается в более широком смысле на протяжении всей жизни.

"Cadre Européen commun de référence pour l'apprentissage et l'enseignement des langues: apprendre, enseigner, évaluer" [2] становится определяющим документом в области преподавания и изучения языков. Этот документ приглашает к осмыслению трех основных видов деятельности при изучении языка: учить (изучать), преподавать (обучать) и оценивать. Каждая глава документа заканчивается серией вопросов, на которые пользователь должен ответить в соответствии со своей ситуацией обучения и своей роли, которая отводится ему в общей цепи процесса обучения. Это документ задуман с самого начала как инструмент для размышления, а не как окончательный список указаний для исполнения. Документом вводится система уровневой языковой подготовки с точным описанием каждого уровня знаний и компетенций, общих для любого языка и действительных во всех

странах. К размышлению над данной проблемой приглашаются все, кто работает в системе образования, на всех эшелонах ответственности.

В новом контексте рассмотрения и трактовки проблемы обучения языкам необходимо искать и находить решения по возникающим вопросам, соответствующие этому новому контексту:

- Ø Как точно определить все то, что должно быть достигнуто на каждом уровне языковой подготовки относительно знаний, компетенций и умений?

- Ø Какую стратегию избрать и применить для развития прогресса учащихся в языке?

- Ø Должно ли приобретение уровня знаний, умений и навыков идти параллельно и одинаково по всем видам речевой деятельности?

- Ø Как включить культурную и межкультурную составляющие в содержание обучения?

- Ø Как оценивать приобретенные учащимися знания?

"Portfolio européen des langues" развивался с 1998 по 2000 годы и был выпущен в 2001 году в честь европейского года языков. Он был принят многими странами и адресован разным категориям обучаемых. Его цель - позволить учащемуся классифицировать, проследить в хронологии приобретение знаний, оценить свой путь в изучении языка.

Расширенная концепция роли обучения/изучения языка отражает личное развитие, критический взгляд, толерантность, открытость к другим культурам, оценку плюрализма и существующих культурных различий. Все это является главными целями в обучении языкам и цитируется часто в публикациях авторов, чья работа связана с деятельностью Совета Европы в этом направлении.

Например, Frank Heyworth и Michel Boiron [3,4] уделяют внимание четырем основным, самым высоким, на их взгляд, целям:

- Ø Развитие европейского гражданства, когда образованный европеец, владеющий несколькими языками, может учиться в разных странах, ездить по миру, знать и уважать другие народы и различные национальные культуры.

- Ø Убеждение в том, что знание разных языков представляет мощный фактор для интеллектуального развития. Это знание способствует открытости и гибкости ума, а также способствует развитию других способностей человека.

- Ø Принятие позиции об изучении языков на протяжении всей жизни. Школа, конечно же, не может предвидеть все будущие потребности человека в иностранных языках. И ее задача заключается в том, чтобы привить учащемуся желание хорошо учиться, в том числе и в изучении иностранных языков для того, чтобы учащийся в дальнейшем смог сам изучать и выучить язык в соответствии со своими новыми потребностями.

- Ø Согласие с тем, что изучение языков открывает новые возможности в приобретении независимости и автономии и что язык можно изучать таким способом, который приобщает к сотрудничеству и другим социальным ценностям жизни.

Другой эксперт Совета Европы Teresa Tinsley настаивает на интеграции трех направлений в новой парадигме обучения языкам:

- Ø учиться хорошо учить/изучать языки;

- Ø развиваться в личном и общественном плане;

- Ø приобретать межкультурную компетенцию.

Рекомендации Совета Европы четко и постоянно включают географическую мобильность, понимание другой культуры и образование на протяжении всей жизни.

Сейчас, когда в распоряжении преподавателей имеются названные выше документы, инновационное поле для педагогической деятельности существенно расширяется.

Инновации имеют смысл лишь тогда, когда они дают реальное улучшение по сравнению с предыдущей ситуацией. Речь идет об исследовании новых возможностей с тем, чтобы придать обучению большую эффективность и сделать его более приятным во всех смыслах. При этом мы констатируем, что дальнейшие профессиональные или личные потребности наших учеников после завершения обучения в учебном заведении остаются для нас неизвестными.

Инновация - это не всегда изобретение чего-то нового. Можно предлагать что-то, имеющее инновационный характер, и иметь хорошие результаты, используя то, что уже имело успех, но в других условиях. Инновация - это анализ всего комплекса составляющих процесса обучения/изучения языка в данной конкретной ситуации, идентификация существующих проблем и поиск конкретных решений, позволяющих проводить работу наилучшим образом и в лучшем качестве.

Инновация - это выход в будущее, инновация - это уверенность в том, что всегда возможно улучшить условия, в которых выполняется профессиональная деятельность.

Если говорить о факторах, которые облегчают любую инновацию, то это прежде всего наличие благоприятной для этого окружающей среды. В учебном заведении важно найти понимание в профессиональном окружении, а также понимание руководства учебного заведения. Преподаватель, работающий изолированно, не понятый ни своими коллегами, ни руководством учебного заведения, имеет мало шансов на успех своего педагогического инновационного проекта. Инновация - это прежде всего та работа в том числе и мыслительная, которая противостоит рутине повседневности, привычному, устоявшемуся ходу вещей.

Преподаватель-новатор осознает существующее расхождение между уровнем подготовки своих учеников, содержанием и методами обучения. Все это побуждает его к педагогическим действиям другого плана. Кроме того, необходимо воспринимать каждого своего учащегося как личность, а не как человека, просто принимающего знания.

Личностный эмоциональный вклад преподавателя в свою деятельность, уверенность в преодолении существующих препятствий, постоянный поиск, динамизм в работе, критический взгляд на сделанное - все это также немаловажные составляющие, при которых педагогическая деятельность выходит за рамки обыденной и дает почву для инновационных размышлений и практических действий.

Педагогический опыт, новаторская практика должны предназначаться каждому учащемуся, а не быть адресованными только отдельным учащимся, выбранным педагогом. Кроме того, творческий педагог стремится к тому, чтобы его педагогический опыт был доступен широкому кругу его коллег. Опора на простые принципы поможет ему продвигать свой новаторский проект:

- Ø попытаться что-то делать, несмотря на сложную ситуацию и порой вопреки такой ситуации;
- Ø общаться и дискутировать со своими коллегами, делиться своим опытом;
- Ø осознавать то, что нет необходимости изобретать все с нуля;
- Ø доверять своим ученикам, быть убежденным в том, что ученики способны учиться и могут это делать.

В сравнении с тем, что обычно делается на занятии по иностранному языку, есть немало простых способов, как реализовать оригинальные идеи в классе. Например,

- Ø разнообразить формы работы;
- Ø изменить привычную обстановку в аудитории; если позволяют материальные возможности, то регулярно использовать оборудование, позволяющее работать с разными мультимедийными средствами;
- Ø разнообразить используемые дидактические материалы, особенно аутентичные документы, которые должны быть актуальными, исключить устаревшие материалы;
- Ø предложить повседневную работу, способствующую повышению мотивации в изучении языка (например, разработать курс в виде последовательного выполнения пусть небольших, но конкретных задач для учащихся, решение которых выводит их на реальное общение на иностранном языке; организовать посещения (например, театра, музея, выставки) с обязательным условием общения на иностранном языке; организовать реальные обмены с учащимися других стран в том числе и по переписке; осуществить реальные проекты, в которых каждый учащийся ответственен за успех всей группы; разработать подлинные документы с конкретной целью; участвовать в конкурсах с учетом интересов и способностей учащихся).

А для дальнейшего продвижения вперед, если позволяют средства, время, энергия, желание, можно задействовать элементы альтернативной педагогики: изучение других дисциплин на иностранном языке, когда язык становится источником информации, а не предметом изучения; университетский театр; дистанционное обучение и другие. Эти идеи были реализованы в практической деятельности французского технического факультета Донецкого национального технического университета.

Быть педагогом сегодня - это не только владеть целым арсеналом разнообразных профессиональных компетенций, но иметь также и другие компетенции, выходящие за рамки профессиональной подготовки, полученной в высшем учебном заведении. Кто он, педагог сегодня? Это прежде всего профессионал своего дела, управленец, организатор, исследователь, мыслитель, техник, советчик и советник, продавец в условиях рыночной экономики. Можно подобрать еще много понятий, отражающих сущность педагогической деятельности.

Чтобы соответствовать требованиям сегодняшнего дня, педагогу прежде всего необходимо задуматься над своим образованием, как базовым, так и образованием на перспективу. Ничто не стоит на месте. Как бы ни была хороша и актуальна идея, она может работать лишь определенное время. Для преподавателя важно прийти к осознанию необходимости самому учиться на протяжении всей жизни. И в этом широком смысле речь идет о развитии инновационного мышления преподавателя иностранных языков.

Список литературы: 1. Klyaguine G., Voskoboynikova N. et autres "Pour une citoyenneté responsable de l'enseignement supérieur" (на французском языке). Доклад на Всемирной конференции по высшему образованию CMES +5 (23-25 июня 2003г., Париж, Франция). Изд. ЮНЕСКО, Париж, 2003.- 75с. 2. Ouvrage collectif (2001), Cadre Européen commun de référence pour l'apprentissage et l'enseignement des langues. Apprendre, enseigner, évaluer. Didier, Paris. 3. Heyworth F., Dupuis V., Leban K. et autres, "Face à l'avenir: les enseignants de langues à travers l'Europe", Conseil de l'Europe, Strasbourg, 2003, p.10. 4. Michel Boiron "L'innovation en question (s)", revue "Le français dans le monde", janvier-février 2005, N 337, 5. Site du Conseil de l'Europe: <http://www.coe.int/DefaultFR.asp>. 6. Site du Centre Européen pour les langues vivantes (CELV)) Graz: <http://www.ecml.at>

РОТОРНЫЙ ЭКСКАВАТОР ПОПЕРЕЧНОГО КОПАНИЯ С ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СТРЕЛОЙ

Гаврюков А.В. (ДонНАСА г. Макеевка Украина)

The paper deals with a design of a wheel excavator of cross excavating type equipped with a telescope boom and its advantages in comparison with existing machines of this sort

Введение. Установлено, что потери рабочего времени роторного экскаватора с выдвижной стрелой при переходе к разработке нового блока составляют 3-5%, с не выдвижной при переходе от подустапа к подуступу 6-8% [1].

Экскаватор с выдвижной стрелой целесообразно применять при селективной разработке пропластков или в условиях передвижения его по относительно слабым грунтам.

Одним из эксплуатационных удобств роторного экскаватора с выдвижной стрелой является возможность разработки забоя стружкой равной толщины по окружности забоя с постоянной скоростью поворота. Приведенные зависимости $k_1 = f(S)$ [1] выгодно характеризует это.

Поддерживая постоянно толщину срезаемого слоя полезного ископаемого вдоль груди забоя можно добиться минимально-постоянных затрат энергии на единицу объема разрабатываемого материала.

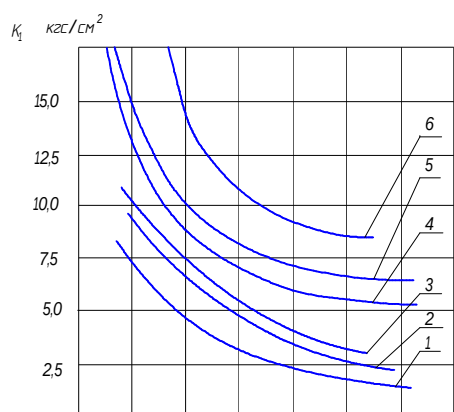


Рис.1. Зависимости удельного усилия резания k_1 от площади S поперечного сечения стружки, срезаемой ковшами роторного экскаватора, для грунтов и пород с различным показателем крепости: 1 — легкие пылеватые суглинки; 2 — мел ($\approx 19 \text{ кгс/см}^2$); 3 — мел ($\approx 19 \text{ кгс/см}^2$); 4 — бурый уголь; 5 — углистый алевролит; 6 — каменный уголь

При разработке полезного ископаемого роторным экскаватором с не выдвижной стрелой такого эффекта добиться удастся не всегда.

Цель работы: используя последние конструкторские разработки и теоретические исследования в области конвейерного транспорта предложить и исследовать конструкцию роторного экскаватора поперечного копания с улучшенными параметрами.

Задачи: рассмотреть один из вариантов предложенной конструкции роторного экскаватора поперечного копания в сравнении с роторным экскаватором с выдвижной стрелой как более универсального; дать основные понятия о транспортирующем устройстве предлагаемом на усовершенствованной конструкции; исследовать устойчивость предложенной конструкции.

Основное содержание и результаты работы. Роторный экскаватор с телескопической стрелой по своим эксплуатационным возможностям способен подменить роторный экскаватор с выдвижной стрелой.

На рис.2 приведен роторный экскаватор с телескопической стрелой, на рис.3 роторный экскаватор с выдвижной стрелой.

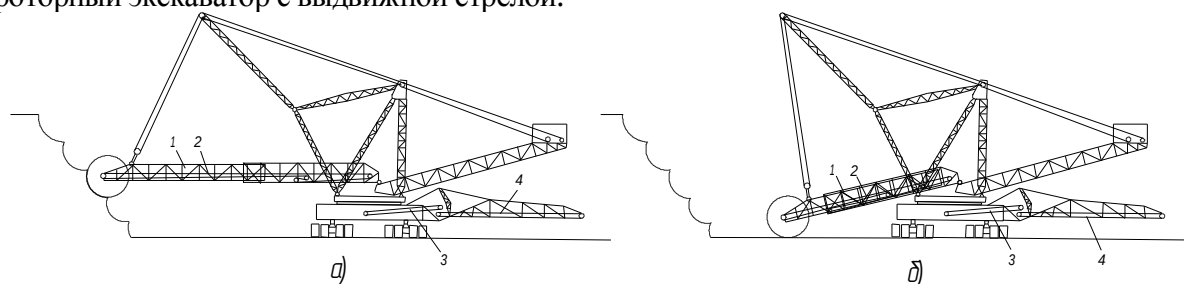


Рис. 2. Роторный экскаватор поперечного копания с телескопической стрелой: а) при выдвинутой стреле, б) при втянутой стреле.

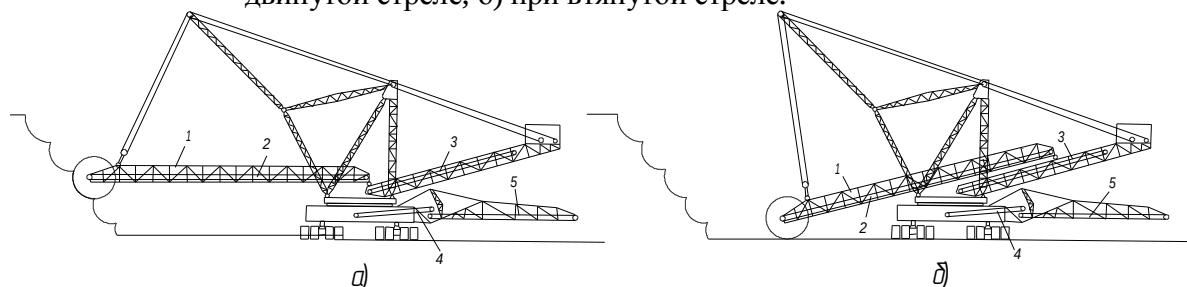


Рис. 3. Роторный экскаватор поперечного копания с выдвижной стрелой: а) при выдвинутой стреле, б) при втянутой стреле.

В первом случае (рис.2) радиус захвата экскаватора изменяется за счет телескопичности стрелы 1. Конструктивной особенностью роторного экскаватора с телескопической стрелой является: применение составной стрелы 1 способной изменять свою длину во время работы при помощи телескопических гидроцилиндров; использование в качестве конвейера стрелы 2 ленточный конвейер, работающий при изменяющейся длине. Транспортируемый материал от рабочего органа поступает на ленточный конвейер, работающий при изменяющейся длине 2, перегружается на промежуточный конвейер 3 и далее на разгрузочный конвейер 4.

Во втором случае (рис.3) радиус захвата экскаватора изменяется за счет втягивания стрелы 1. Транспортируемый материал от рабочего органа поступает на ленточный конвейер 2, перегружается на конвейер консоли противовеса 3, далее на промежуточный кон-

вейер 4 и конвейер разгрузочной консоли 5. Экскаваторы такого класса выпускаются Чехией, США, Германией.

Сравнения конструкции роторных экскаваторов не трудно заметить, что в первом случае из транспортной цепочки исключается один конвейер в сравнении со вторым случаем.

Успешное внедрение в производство ленточного конвейера работающего при изменяющейся длине [2] позволяет решить задачу создания экскаватора с телескопической стрелой.

Ленточный конвейер работающий при изменяющейся длине (рис.3) представляет собой полустационарную установку способную изменять длину транспортирования во время работы состоящую из концевых барабана 1, лебедки телескопа 2, электроконтактного манометра 3, гидродатчика 4, тяговых канатов телескопического устройства 5, обводных роликов для каната 6 подвижной каретки телескопического устройства 7, неподвижного барабана 8, приводных барабанов 9, выносного барабана 10. При изменении длины телескопической стрелы изменяется и длина конвейера, причем все это происходит во время его работы. Возникающий скачек натяжения в ленте распространяется по контуру конвейера и через канатно блочную систему телескопического устройства повышает или понижает давление в гидродатчике который воздействует на электроконтактный манометр. Замыкаемые контакторы гидродатчика включают пусковую аппаратуру лебедки телескопического устройства заставляя выпасовывать либо запасовывать ленту до тех пор пока давление в системе натяжения ленты не установится заданным.

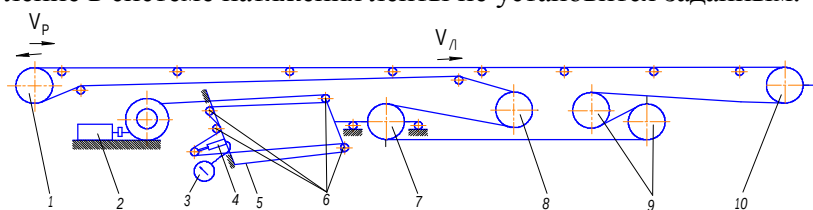


Рис. 4. Схема ленточного конвейера работающего при изменяющейся длине

Выполненные теоретические исследования касающиеся возникающего скачка натяжения в ленте во время изменения длины транспортирования работающего конвейера [3,4], а также промышленные испытания такого конвейера подтверждают его работоспособность. В результате машинных расчетов установлено, что скачек натяжения в ленте не превышает 10% от номинального в месте возмущения (в данном случае на концевом барабане).

При проектировании землеройной техники одним из основных разделов расчета является расчет на устойчивость проектируемой машины. Выполним сравнительный анализ устойчивости существующей и предлагаемой нами техники.

Проектируя роторные экскаваторы поперечного копания наиболее неблагоприятное положение равнодействующей всех сил действующих на вращающуюся часть $\sum P$ (касательной силы копания P_K , силы тяжести ротора G_P , стрелы ротора с грунтом $G_{C+Г}$, переднего и заднего пилонов $G_1...G_5$, противовесной стрелы $G_{ПР}$ и противовеса $g_{ПР}$) определяют из двух расчетных положений:

первое – равнодействующая выходит вперед относительно плоскости проходящей через ось поворотного круга перпендикулярной к оси роторной стрелы (ближе к ротору), стрела занимает горизонтальное положение и максимально вытянута в сторону забоя рис.5;

второе - равнодействующая выходит назад (ближе к противовесу), стрела максимально опущена вниз рис.6.

Рассмотрим, воспользовавшись методом веревочного многоугольника [1], как изменяется положение равнодействующей всех сил $\sum P$ при изменении радиуса захвата роторного экскаватора с телескопической и с выдвижной стрелой.

Метод расчета с помощью веревочного многоугольника показан на рис. 5,6, где O — произвольный полюс, 1 — произвольно направленный луч. От точки K вертикально, в масштабе отложены силы тяжести и внешние нагрузки, действующие на экскаватор последовательно слева направо до пересечения с лучом 9 направления к началу последней силы — силы тяжести противовеса. К началу каждой силы проведены лучи $1—9$. Луч 10 является замыкающим в веревочном многоугольнике.

Параллельно этим лучам из произвольной точки проводим линии веревочного многоугольника $1—10$, на схеме экскаватора. Из точки пересечения луча 2 многоугольника с направлением силы P_k проводится продолжение луча 1 до пересечения с лучом 10 проведенного из точки пересечения луча 9 с направлением силы g_{np} . Точка пересечения луча 1 с лучом 10 дает координату места положения равнодействующей всех сил действующих на вращающуюся часть $\sum P$.

Со схемы приведенной на рис.6 во втором расчетном положении видно, что положение равнодействующей всех сил у экскаватора с телескопической стрелой находится ближе к оси опорно-поворотного круга, а это значит, что коэффициент устойчивости будет выше, чем у экскаватора с выдвижной стрелой.

Выводы

Роторный экскаватор с телескопической стрелой:

- при переходе к разработке нового блока, переходе от подступа к подступу затрачивает на 3 % времени меньше чем роторный экскаватор с не выдвижной стрелой;
- целесообразно применять при селективной разработке пропластков или в условиях передвижения его по относительно слабым грунтам.
- за счет разрабатывания забоя стружкой равной толщины (меньшего удельного усилия резанья) имеет меньший удельный показатель затрат энергии на единицу произведенной продукции чем роторный экскаватор с не выдвижной стрелой того же класса;
- заменяя роторный экскаватор с выдвижной стрелой, имеет на один ленточный конвейер (консоли противовеса) меньше;
- более устойчивый, чем роторный экскаватор с выдвижной стрелой того же класса.

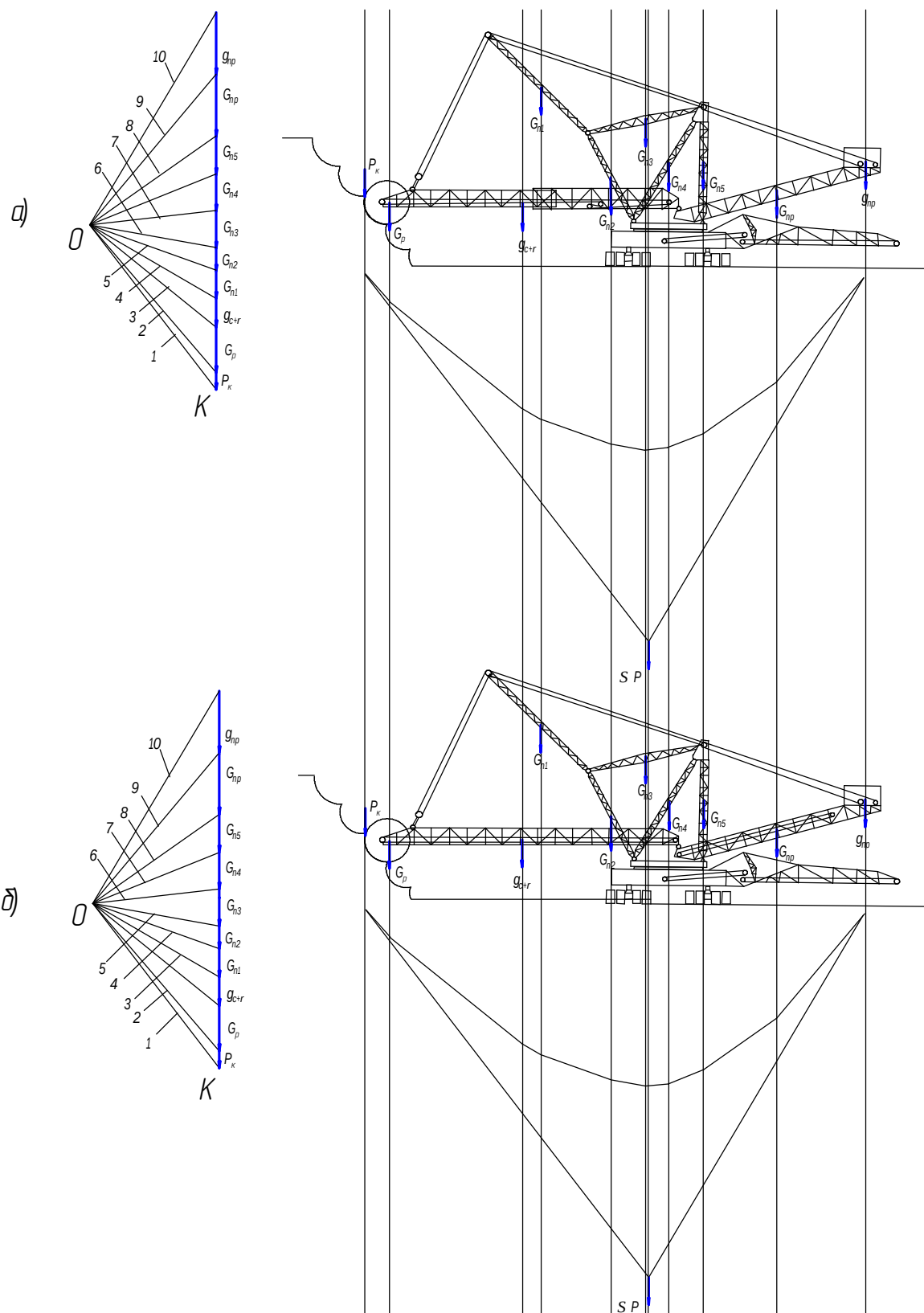


Рис.5. Схема к определению эксцентриситета равнодействующей вертикальных нагрузок, действующих на вращающуюся часть экскаватора, способом веревочного многоугольника для первого расчетного положения

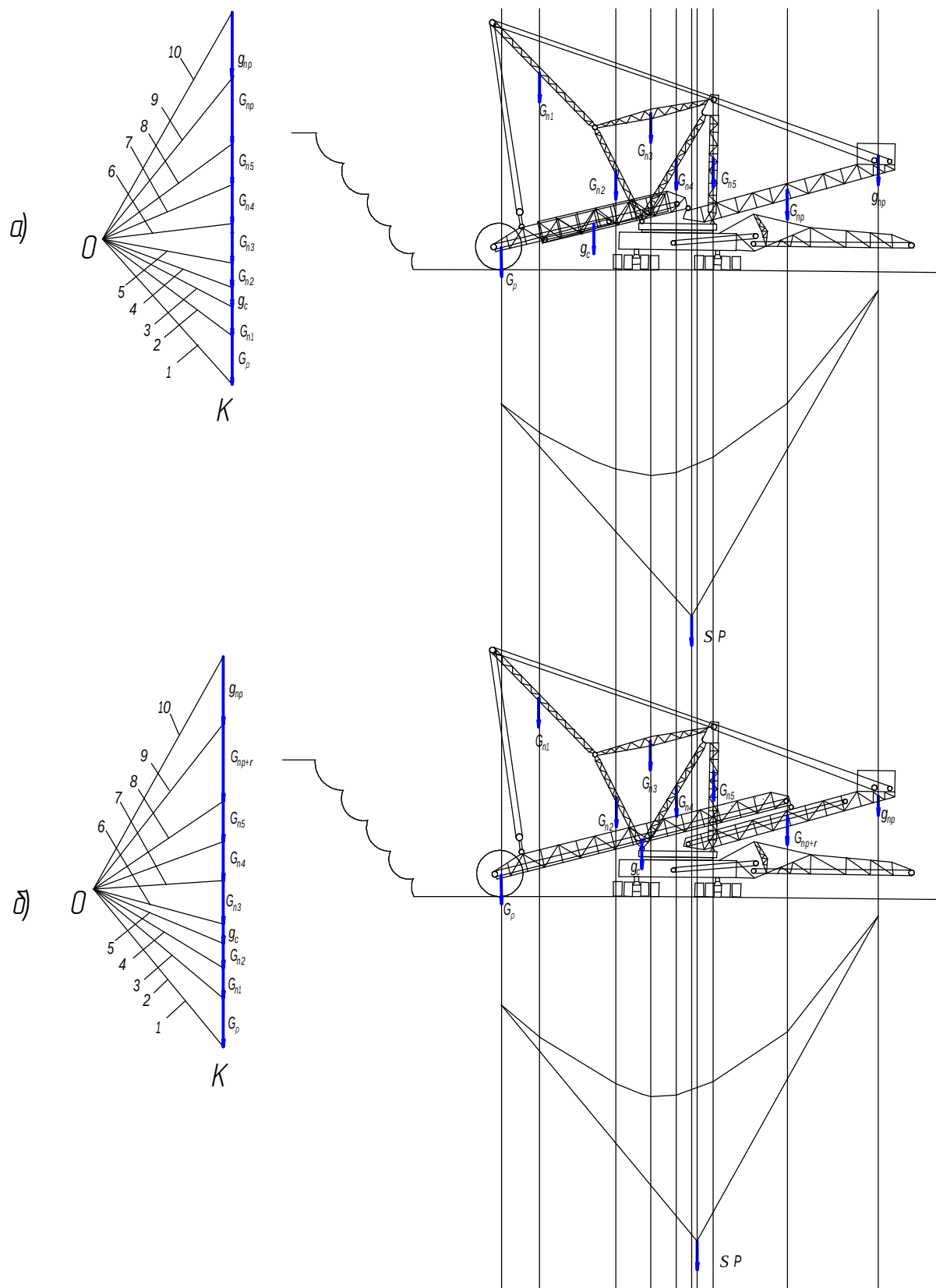


Рис. 6. Схема к определению эксцентриситета равнодействующей вертикальных нагрузок, действующих на вращающуюся часть экскаватора, способом веревочного многоугольника для второго расчетного положения

Список литературы: 1. Домбровский Н.Г. Многоковшовые экскаваторы. М.: Машиностроение, 1972. 432 с., 2. Гаврюков А. В. Резервы повышения машинного времени комбайна в скоростных проходческих забоях. // Уголь. Украины. 1998.- № 6.- С. 18., 3. Гаврюков А.В. Разработка способа и средств удлинения ленточных конвейеров при проведении горных выработок. Автореф дис. на соиск. учен. степени кандидата техн. наук. – Донецк 1997. – 18 с., 4. Гаврюков А.В. Натяжение тягового органа на концевом барабане ленточного конвейера, работающего при изменяющейся длине. // Изв. ВУЗов. «Строительство». 2001. - №11. – С. 110-114.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ДИСПЕРСНО-НАПОЛНЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

**Галимов Э.Р., Галимова Н.Я., Надриев Р.Э., Багаутдинова А.А.,
Аблясова А.Г., Юнусова Л.Г. (КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань, Россия)**

Problems of development of technologic process of patting and forming of special covering based on polymer powder compositions were considered. Specialized equipment complex was developed and technologic processes were optimized.

Крупнотоннажность поливинилхлорида (ПВХ) и чрезвычайно широкая номенклатура изделий различного назначения, возрастающие требования к качеству и все расширяющиеся области их практического применения требуют разработки и внедрения новых, в том числе композиционных материалов (КМ), обеспечивающих более совершенные свойства готовых изделий.

Одним из наиболее эффективных и перспективных способов целенаправленного регулирования технологических, эксплуатационных и специальных свойств материалов на основе ПВХ является введение в их состав на различных стадиях конфекционирования модифицирующих добавок, ассортимент которых непрерывно расширяется и повышается эффективность действия.

Дальнейший прогресс в разработке КМ на основе ПВХ следует связывать, в первую очередь, с изысканием и применением новых видов модификаторов взамен традиционных, ресурсы которых постепенно истощаются или перемещаются в отдаленные и труднодоступные регионы. К настоящему времени можно считать, что модифицирующие компоненты природного происхождения в основном уже полностью вовлечены в производственные процессы, и резервы следует искать в различных промышленных отходах, в том числе отходах целлюлозно-бумажных и гидролизных производств. Основными отходами указанных производств являются продукты химической переработки древесного сырья (ПХПД) в виде технических лигнинов (ТЛ), которые представляют собой полидисперсные порошкообразные продукты различного химического состава, дисперсности, строения и молекулярной массы.

В данной работе проведены комплексные исследования по эффективности использования ТЛ в производстве КМ на основе жесткого, пластифицированного и эластифицированного ПВХ.

В качестве дисперсных наполнителей были использованы лигнинсодержащие соединения: гидролизный лигнин (ГЛ), сульфатный лигнин (СЛ), окисленный гидролизный лигнин (ОГЛ), хлорированный гидролизный лигнин (ХГЛ), шлам сточных вод (ШСВ), шлам холодного отстоя (ШХО), последрожжевой остаток (ПДО).

Анализ и сравнение состава дисперсных продуктов химической переработки древесного сырья позволил выделить две группы соединений.

К первой группе относятся ГЛ, СЛ, ШСВ, ОГЛ и ХГЛ, в составе которых содержится большое количество соединений лигниновой природы (60-90 %). Вторую группу

составляют ПД и ШХО, для которых характерно пониженное содержание подобных соединений (до 15%). Наличие в лигнинах и их производных большого числа функциональных групп (карбоксильных, карбонильных, гидроксильных, метоксильных) предопределяет возможность их использования в качестве активных наполнителей полярного ПВХ.

Композиции с различным содержанием пластификаторов (фталатов), синтетических каучуков (СК) различной химической природы и молекулярной массы и наполнителей с различным содержанием соединений лигниновой природы готовились методом термопластикации на фрикционных вальцах при оптимальных температурно-временных режимах.

С целью оптимизации составов, свойств, режимов получения и переработки ПВХ-композиций были проведены комплексные исследования с применением таких методов как реологический, физико-механический, термомеханический, дифференциальная сканирующая калориметрия, рентгеноструктурный анализ, инфракрасная спектроскопия и др.

Известно, что процессы переработки полимерных материалов являются основной и завершающей стадией в цепи разнообразных физико-химических превращений (смещение исходных компонентов, дозировка, расплавление, формование, охлаждение), которые претерпевает композиция. Для теоретического обоснования и оптимизации технологических процессов переработки композиций в готовые изделия необходимо исследование реологических свойств расплавов в широком диапазоне температурно-силовых воздействий.

Реологические свойства ПВХ-композиций определялись на капиллярном вискозиметре постоянных давлений. Анализ концентрационных зависимостей изменений эффективной вязкости расплавов, энергии активации вязкого течения, первой разности нормальных напряжений, коэффициента разбухания экструдата и др. вязкоупругих характеристик позволили установить экстремальный характер их изменения в области небольших содержаний модифицирующих добавок. На основании исследований реологических свойств расплавов определены закономерности их изменения от различных факторов: способов подготовки композиций, содержания и природы модифицирующих добавок, дисперсности наполнителей, режимов деформирования и температуры. Предложены аналитические зависимости определения некоторых вязкоупругих свойств.

Показано, что определяющую роль на изменение вязкоупругих характеристик оказывает величина адгезионного взаимодействия и толщина межфазных слоев, образующихся на границе раздела полимер-полимер и полимер-наполнитель.

На рисунке в качестве примера представлены характер и интервалы изменения вязкоупругих свойств расплавов ПВХ-композиций, наполненных ПХПД. Видно, что максимальное изменение вязкоупругих свойств наблюдается в области небольших содержаний ПХПД.

Экспериментальные данные по исследованию влияния дисперсных наполнителей на изменение деформационно-прочностных свойств ПВХ-композиций позволили выявить, что результатом введения в полимерные матрицы дисперсных наполнителей является их охрупчивание. Причем, увеличение степени наполнения приводит к уменьшению удлинений при разрыве, а уменьшение размеров дисперсной фазы - к повышению прочности и деформативности полимерных композиций.

Таким образом, на основании проведенных исследований выявлен эффект малого наполнения (около 10 масс.ч.) проявляющийся в аномальном снижении вязкости и росте прочностных свойств ПВХ-композиций.

Термомеханические исследования ПВХ-композиций позволили выявить также сложный характер изменения величин температуры стеклования и температуры текучести, особенно в области малых содержаний синтетических каучуков и дисперсных наполнителей. Установлено, что при введении небольших количеств модифицирующих добавок в полимерную матрицу меняется форма кривых, наклон и ширина отдельных участков, величина деформации и температурный интервал нахождения полимерной системы в соответствующем физическом состоянии, что обусловлено скоростью протекания релаксационных процессов и структурными превращениями в процессе модификации в условиях одновременного воздействия нагрузки и температуры.

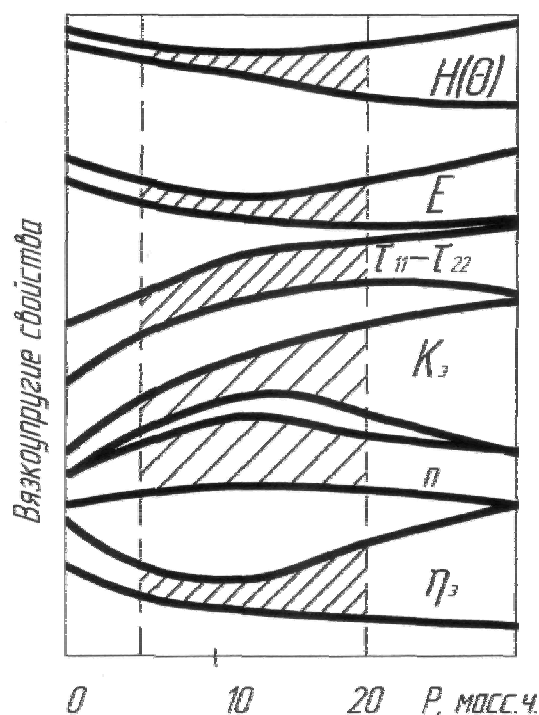


Рис. 1. Характер и интервалы изменения вязкоупругих свойств расплавов жестких и пластифицированных ПВХ-композиций, наполненных ПХПД: η_3 , n , K_3 , $T_{11}-T_{22}$, E , $H(\theta)$ — соответственно эффективная вязкость, индекс течения, коэффициент разбухания струи, первая разность нормальных напряжений, энергия активации вязкого течения, спектр времен релаксации

С использованием современных представлений о структурно-морфологической модели строения ПВХ дано обоснование причин резкого или экстремального изменения комплекса свойств наполненных композиций в области малых содержаний модифицирующих добавок, обусловленных одновременным и неадекватным действием конкурирующих процессов: изменением подвижности структурных элементов полимерной матрицы, связанных проходными цепями, образованием структурно-неоднородных межфазных слоев полимера вблизи поверхности наполнителя за счет межмолекулярного взаимодействия на границе раздела «дисперсионная среда» и «дисперсная фаза» и формированием пространственной структуры фазы наполнителя. Причем в последнем явлении немаловажную роль играет гетерогенная глобулярная структура ПВХ. От интенсивности действия этих одновременно изменяющихся процессов зависит величина суммарного эффекта модификации, а также направление изменения технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов.

Суммируя и обобщая вышеизложенное, можно сделать заключение, что одним из высокоэффективных и перспективных направлений целенаправленного регулирования комплекса технических свойств полимерных материалов на основе поливинилхлорида является их модификация (наполнение) крупнотоннажными отходами лесопромышленного комплекса, представляющими собой побочные продукты химической переработки древесного сырья различного состава и химического строения.

Состояние проблемы и разработка новых подходов к ее комплексному решению требуют установления научно-обоснованных и рациональных принципов подбора различных типов наполнителей, выявления особенностей и закономерностей модификации, что позволит обеспечить максимально полную реализацию ценных технологических и экс-

плуатационных свойств материалов на основе ПВХ и существенно повысить эффективность их практического применения в различных отраслях современной промышленности.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ С ЛОГИЧЕСКИМИ ПЕРЕМЕННЫМИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ГАП БУРИЛЬНЫХ ТРУБ

Гамидов Ф.Дж., Абдуллаев Г.С., Ибрагимов С.Б. (СДУ, г. Сумгаит, Азербайджан)

In article are stated main operations of the process of the building of the diagnose algorithm and table to functions of the faults. The Designed algorithm of the determination ensemble elementary check flexible cam of chink tubes.

При анализе моделей ГАП бурильных труб (БТ) основными являются задачи построения оптимизированных алгоритмов диагностирования. Возможность оптимизации алгоритмов диагностирования определяется тем, что число активных элементарных проверок, достаточных для решения конкретной задачи диагностирования, как правило, меньше числа всех допустимых элементарных проверок, а также тем, что разные элементарные проверки могут требовать разные затраты на их реализацию и давать разную информацию о техническом состоянии ГАП БТ.

Типичными представителями ГАП бурильные трубы диагностирования являются в первую очередь дискретные объекты, а также те аналоговые диагностирование которых выполняют на принципах допускового контроля.

Обозначим в таблице 1 множество рассматриваемых или возможных технических состояний объекта символом E .

Таблица 1. Таблица функции неисправностей

R		E				
		$\mathbf{I}$	...	$\mathbf{I}_1$	...	$\mathbf{I}_{ S }$
Π	p_1	R_1		R_1^i		$R_1^{ S }$
	$\mathbb{M}$					
	p_j	R_j		R_j^i		$R_j^{ S }$
	$\vdots$					
	$p_{ \Pi }$	$R_{ \Pi }$		$R_{ \Pi }^i$		$R_{ \Pi }^{ S }$

Пусть $\mathbf{I} \in E$ обозначает исправное состояние объекта, а $\mathbf{I}_i \in E$, $i=1,2,...,|S|$, $-i$ – неисправное состояние при наличии в объекте неисправности S_i из множества S рассматриваемых или возможных неисправностей.

Обозначим символом $||$ множество допустимых (всех возможных или только некоторых из них) элементарных проверок $p_j, j=1,2,...,|\Pi|$. Построим прямоугольную таблицу, строкам которой сопоставим элементарные проверки из множества Π , а столбцам – технические состояния из множества E . В клетке (j,i) таблицы вставим результаты R_j^i элементарной проверки $p_j \in \Pi$ объекта, находящегося в техническом состоянии $\mathbf{I}_i \in E$ (значение индекса $i=0$ будем относить к столбцу исправного состояния $\mathbf{I}$ объекта). Построенная таким образом таблица (таб.1) является таблицей функции неисправностей (ТФИ).

Применение ТФИ для сложных объектов (ГАП БТ) часто невозможно из-за ее высокой размерности. Однако, как универсальная модель ГАП БТ, ТФИ очень наглядна и удобна при рассмотрении принципов и процедур построения и реализации алгоритмов диагностирования, даже если эти принципы и процедуры формулируются первоначально на

языках, в отличие от языка ТФИ.

Для определенности примем, что множество Π обладает свойством обнаружения любой неисправности из множества S , т.е. для любой неисправностей $S_i \in S$ найдется хотя бы одна такая элементарная проверка $p_j \in \Pi$, при которой $R_j \neq R_j^i$, а также свойством различия всех неисправностей из множества S , т.е. для каждой пары неисправностей $S_i, S_R \in S, i \neq R$, найдется хотя бы одна элементарная проверка $p_j \in \Pi$ - такая, что $R_j^i \neq R_j^R$.

Изложим основные операции процесса построения алгоритма диагностирования по ТФИ.

Задание на построение алгоритма диагностирования наряду с указанием множества E возможных технических состояний ГАП БТ (или множества S его неисправностей) должно содержать сведения о требуемой глубине диагностирования. Независимо от назначения алгоритма диагностирования требуемую глубину диагностирования можно задать через фиксированное разбиение множества E на непересекающиеся подмножества: $E_V, V = 1, 2, \dots, l$;

$$\bigcup_{V=1}^l E_V = E, \quad E_V \cap E_m = \emptyset \text{ при } V \neq m.$$

Тогда проверке неисправности или работоспособности соответствует минимальная глубина диагностирования, при которой $l = 2$, причем одно подмножество E_1 содержит либо одно исправное состояние, либо группу работоспособных состояний, а второе подмножество E_2 - все остальные неисправные состояния. При поиске неисправностей размера БТ:

$$l = |S| + 1, E_1 = \{ \mathbf{1} \}, E_V = \{ \mathbf{1}_i \}, i = 1, 2, \dots, |S|, V = i + 1.$$

Состояний ГАП БТ на подмножества E_V является достаточно универсальным, но этот способ неудобен для применения в том случае, когда отсутствует соответствие такого разбиения делению объекта на конструктивные составные части. Например, широко известно требование получения диагноза с глубиной до сменного узла ГАП БТ.

Пусть ГАП БТ подразделен на N сменных узлов. Сопоставим i -му ($i = 1, 2, \dots, N$) сменному узлу подмножество E_i технических состояний, каждое из которых определяется неисправностями только этого узла. Если предположить, что в ГАП БТ неисправен только один узел, то объединение N подмножества E_i вместе с исправным состоянием $\mathbf{1}$ объекта образует множество E всех возможных технических состояний. Поэтому $l = N + 1, E_1 = \{ \mathbf{1} \}, E_V = E_i$. Этот случай соответствует рассмотрению одиночных неисправностей ГАП БТ если в качестве последних принять неисправности каждого сменного узла.

Схема алгоритма A_1 выполнения операции пункта 1 приведена на рис.1. Исходными данными являются ТФИ и разбиение множества E на множества E_V . Номера столбцов таблицы отмечают индексами $i = 0, 1, \dots, |S| + 1, R = i + 1, i + 2, \dots, |S|$, а номера строк - индексом $j = 1, 2, \dots, |\Pi|$. Пусть i - порядковый номер некоторого подмножества Π_{iR} . Как элемента $(\Pi_{iR})_i$ множества $U, i = 1, 2, \dots, (U)$.

Возьмем два первых подмножества $(p_{iR})_1$ и $(p_{iR})_2$ и образуем все возможные пары входящих в них элементарных проверок [1]. Среди этих пар проводим следующие упрощения: каждую пару вида (p_j) заменяем одной элементарной проверкой (p_j) ; при наличии одной элементарной проверки (p_j) и пар вида (p_j) удалим эти пары. Полученные после упрощений множество пар и, возможно, одиночных элементарных проверок обозначим символом Π_1 . затем из множества $(\Pi_{iR})_3$ и построенного множества Π_1 образуем все возможные пары их элементов. После выполнения среди этих пар упрощений, аналогич-

ных указанным выше, получаем множество Π_2 и т.д. Подмножество $(\Pi_{iR})_i$ и множество Π_{i-1} дают множество Π_i . Каждый элемент множества $\Pi |U|$ является полной неизбыточной совокупностью T элементарных проверок.

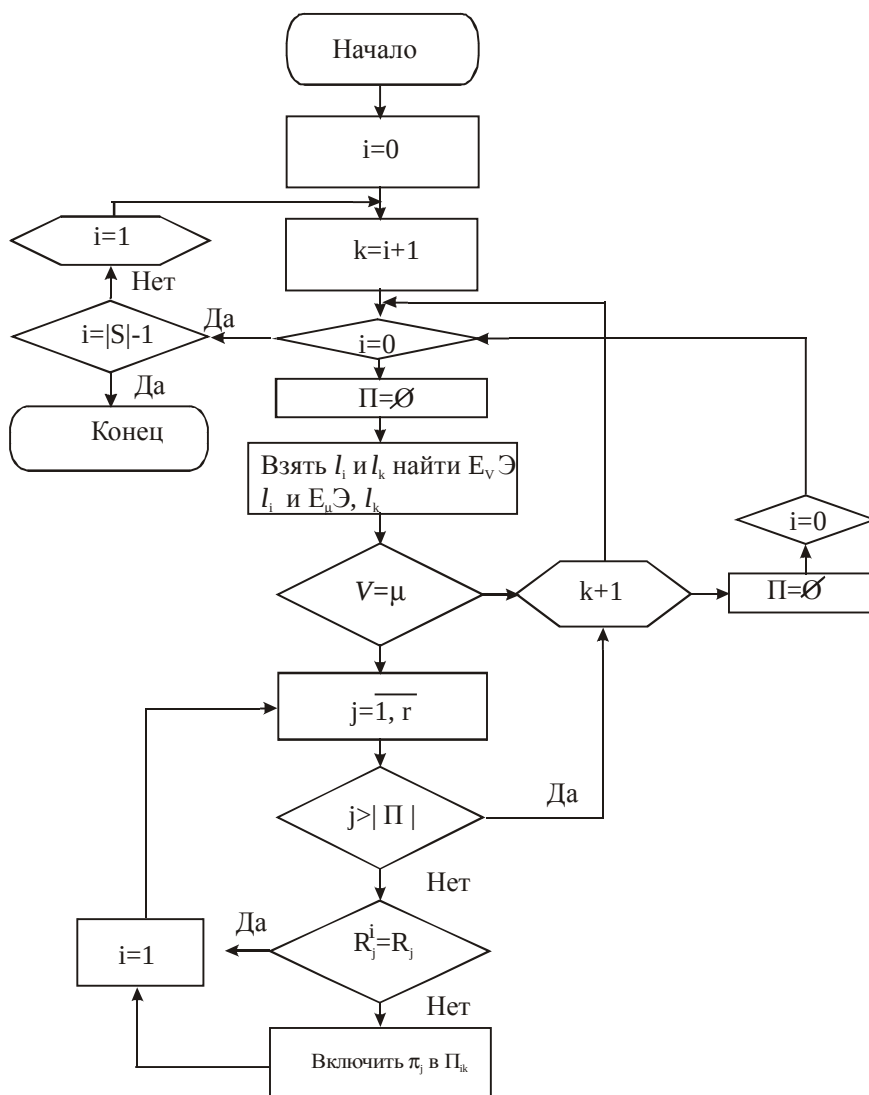


Рис.1. Алгоритм определения множества элементарных проверок ГАП БТ

Задача построения проверяющей или различающей совокупностей наборов значений входных переменных ГАП БТ может быть решена аналитически, если объект во всех технических состояниях задан с помощью аналитических выражений его выходных функций.

Действительно, различающие наборы двух Булевых функций f^i и f^j . т.е. набора значений входных переменных, на которых значения функций f^i и f^j различны, совпадают с рабочими наборами так называемой различающей функцией [2,3].

$$D[f^i, f^j] = f^i \oplus f^j = f^i f^j \cup f^i f^j.$$

Таким образом, если комбинационный ГАП БТ, находящийся в техническом состоянии $\mathbf{l}_i$, реализует на своих выходах функции $z_1^i, \dots, z_R^i$, а в техническом состоянии $\mathbf{l}_j$ - функции $z_1^j, \dots, z_R^j$, то рабочие наборы различающей функции

$$D[z_1^i, z_1^j, \dots, z_R^i, z_R^j] = D[z^i z^j] = z_1^i \oplus z_1^j, \dots, z_R^i \oplus z_R^j$$

составляют совокупность всех различающихся наборов значений входных переменных $x_1, \dots, x_n$ ГАП БТ.

Список литературы: 1. Гольдман Р.С., Чипулис В.П. Техническая диагностика цифровых устройств. М., Энергия, 1976, 224 с. 2. Бессонов А.А., Стешкович И.Т., Тургина Е.Д. Автоматизация построения контролируемых тестов. М., Энергия, 1976, 222с. 3. Кязимов Н.М., Халилов С.А., Намазов А.М., Мамедова Р.Д. Диагностирование состояния активного элемента ГАУ измерения длины труб. А и СТ. №4, М., 1997, с.8-10

СОСТОЯНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ УКРАИНЫ

Гафанович Г.Я., Сидоренко Г.С., Костриков А.Л., Попова Е.Г.

(ННЦ "Институт метрологии", ННЦ "Институт метрологии", ННЦ "Институт метрологии", НАКУ "ХАИ", г. Харьков, Украина)

The peculiarities of metrological equipment for mechanical engineering in Ukraine in the contemporary conditions of reorganisation are shown in the report as well the state, main goals and programs of metrological equipment and methods of their realisation.

В современных условиях в экономике Украины вопросы метрологического обеспечения (МО), связаны практически со всеми областями деятельности людей. Научно-техническое и экономическое развитие страны немыслимо без четко функционирующей системы МО.

В связи с решаемыми в настоящее время проблемами повышения качества продукции, совершенствования системы метрологического обеспечения при ее производстве и эксплуатации, а также значительным сокращением ассигнований в результате существенных изменений политических и экономических условий на Украине, возникает ряд задач по повышению уровня обеспечения единства измерений (ОЕИ) в различных областях и видах измерений, включая вопросы оптимизации системы ОЕИ и связанных с ними взаимозависимых организационных, правовых, научно-технических и экономических аспектов.

Учет современных требований экономики Украины и международных научно-технических и торговых связей к уровню МО и системе обеспечения качества выпускаемой продукции - с одной стороны, и возможности их реализации - с другой, необходимый для взвешенного решения задачи оптимизации, предполагает тщательный анализ уровня МО, требований промышленных и научных организаций, применяемых на них технологий, требований передовых отечественных и зарубежных нормативных документов, соотношения требуемого и достигнутого уровней точности в различных видах измерений, состояния и тенденций развития измерительной техники, как в Украине, так и за рубежом и т.д.

С целью выявления уровня МО в новой ситуации Госпотребстандартом /ННЦИМ/ проведен анализ состояния обеспеченности системы Госпотребстандарта и метрологических служб предприятий Украины измерительным оборудованием, кадрами, нормативными документами, определен реальный уровень обеспечиваемой точности по видам измерений. Для этого, кроме информации, получаемой из ЦСМ и промышленных предприятий, использовались результаты проводимых круговых сличений исходных СИ различных уровней /предприятий, ЦСМ, Национальных метрологических институтов.

Правительством и Госпотребстандартом Украины были приняты ряд законодательных актов и стратегических программ, направленных на быстрое восстановление необходимого уровня МО на Украине. Принятый в феврале 1998 года "Закон о метрологии и метрологической деятельности" и его новая редакция, с изменениями и дополнениями, принятая Правительством Украины, заложили основу совершенствования МО на современном этапе развития экономики и определили правовые основы ОЕИ в Украине, регулирующие общественные отношения в сфере метрологической деятельности. Законы направлены на

защиту граждан и национальной экономики от последствий недостоверных результатов измерений.

Наряду с этим, кроме решения текущих метрологических задач Госпотребстандартом Украины был принят и в основном реализован ряд стратегических программ, направленных на быстрое восстановление необходимого уровня МО на Украине. К числу таких программ относятся:

1. Программа создания эталонной базы Украины на 2006-2010гг
2. Программа оснащения терорганов Госпотребстандарта Украины,
3. Программа создания государственных стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов,
4. Программа создания и развития Государственной службы единого времени и эталонных частот.

В результате выполнения указанных программ с 1993г. ситуация в Украине в части МО претерпела ряд положительных изменений и поэтому, намечая основные задачи развития МО и оценивая реальные возможности для их выполнения, следует отметить:

1. К настоящему времени на Украине заложена научно-техническая основа обеспечения единства измерений, созданы возможности роста уровня МО в важнейших областях и видах измерений, созданы метрологические предпосылки для производства высококачественной, конкурентоспособной на мировом рынке продукции. Завершен 1-й этап создания эталонной базы Украины, в результате которого страна получила 35 Государственных и 15 вторичных эталонов, причем их метрологический уровень не уступает лучшим образцам развитых стран мира. Т.о. вместе с имевшимися ранее эталонная база Украины насчитывает 52 Госэталона , 65 вторичных Эталонов, подавляющее большинство находятся в ННЦИМ.

По каждому виду измерений, возглавляемым Госэталонами или другими исходными средствами измерений, разработана система передачи размеров от эталонов к рабочим средствам измерений поверочные схемы, представляющие метрологические, организационные, и юридические основы соподчиненности средств измерений, применяемых в стране. В каждом виде измерений разработаны первоочередные стандарты по терминологии, нормативная документация, регламентирующая правила и нормы различных измерений и поверки средств измерений, проведения различного рода испытаний и т.д.,

В числе программ по общему повышению уровня МО в стране, выполнен также ряд работ, направленных на совершенствование МО машиностроения. К ним можно отнести создание комплекса Государственных эталонов Украины, используемых в различных отраслях машиностроения:

- Государственный первичный эталон длины- метра,
- Государственный эталон единицы длины для параметров эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба
- Государственный эталон единицы длины для отклонений от плоскостности и прямолинейности,
- Установка высшей точности для воспроизведения единицы длины в области 24-1000м,
- Государственные эталоны в области механических измерений: твердости, давления, объема, уровня жидкостей, а также комплекс вторичных и рабочих эталонов, используемых для передачи размера единиц рабочим средствам измерений.

В результате проведенных работ и презентации их европейским и международным метрологическим организациям последние официально признали статус и высокий международный метрологический уровень измерений, достигнутый ННЦИМ, что подтверждается данными СМС-таблиц, утвержденными ВІРМ и признанными международным сообществом.

Проведена структурная реорганизация системы Госпотребстандарта Украины, определены статус, юридические ,финансовые права и функции органов Госпотрестандарта. Расширено и активизировано сотрудничество с передовыми странами Европы и мира в области метрологии.

Таким образом, созданы научно-технические и организационные основы метрологического обеспечения на современном мировом уровне. Важнейшим фактором обеспечения

необходимого уровня МО во всех видах измерений в современных условиях развития экономики Украины является изыскание путей оптимизации системы ОЕИ на всех ее уровнях; оценка необходимого для экономики Украины количества Государственных и специальных эталонов, подлежащих разработке, видов и номенклатуры рабочих эталонов различных рядов, определение научно обоснованных межповерочных интервалов, видов и количества производимых в Украине и закупаемых за рубежом рабочих средств измерений.

При этом целесообразно провести анализ существующей в настоящее время системы измерений различных /особенно сложных/ объектов, с целью упрощения и удешевления их контроля, а также сокращения номенклатуры необходимого парка измерительного оборудования. Так например, в области измерения параметров зубчатых зацеплений новый госспецэталон является комплексным, объединяющим возможности двух эталонов, повышающий точность воспроизведения параметров зубчатых зацеплений. Система передачи единиц основана на применении специальных возимых образцовых мер эвольвенты, угла наклона линии зуба и образцовых зубчатых колес.

Диапазон требований стандартов на нормы точности зубчатых колес и передач, возможность некоторой вариации отдельных норм и их групп, позволяют сделать определенный выбор групп норм контроля, соответствующих требованиям и возможностям экономики Украины при обеспечении основных показателей качества зубчатых колес и передач. Анализ показал, что невыполнение некоторых требований к отдельным элементам зубчатых колес еще не является причиной для вывода относительно неудовлетворительного функционирования зубчатого колеса или передачи, т.к. общий показатель качества зубчатых зацеплений, например, кинематическая точность, является композицией нескольких элементов, которые при совместном проявлении могут компенсировать друг друга. Таким образом, появляется возможность оптимального выбора контролируемых элементов и их групп, сокращения средств измерения для их контроля.

Важнейшей задачей метрологии развитых стран в настоящее время является обеспечение быстро развивающейся области нанотехнологий, связанных с производством высокотехнологичной продукции.

Нанотехнологии, используемые для производства особо тонких слоев и пленок, микросистемных структур, микросистемных изделий, оптических компонентов и т.д. определяются диапазоном измерений от 0,1 до 100нм, наименее проработанным с точки зрения МО. Для решения задачи обеспечения качества и параметров таких нанотехнологий необходимо разработать методы и средства измерения геометрии структур в указанном нанометровом и субнанометровом диапазонах. а также систему воспроизведения и передачи единиц измерения, Государственные и рабочие эталоны, поверочные схемы.

Сегодня ННЦИМ совместно с Физико-техническим институтом Германии (РТВ) активно ведутся работы в указанных направлениях:

- в области измерений толщины тонких пленок и покрытий, результатом которой стала разработка и ввод в эксплуатацию рабочего эталона 1-го разряда, (в 2004 г)
- в области измерений шероховатости в н.в. проводятся работы по созданию Государственного эталона шероховатости поверхности с использованием последних результатов исследований в этой области метрологии. Окончание этой работы планируется в начале 2007 года.

В других видах геометрических измерений также проводятся аналогичные мероприятия по совершенствованию методов измерений, повышению их метрологических и экономических показателей.

Все большее значение в ЛУИ приобретают координатно-измерительные машины (КИМ), которые позволяют при высокой точности и универсальности решать большинство вопросов геометрических измерений с максимальной их автоматизацией.

К сожалению в Украине парк КИМ еще представлен недостаточно, особенно на предприятиях машиностроения, что очевидно связано с ограниченными экономическими возможностями.

Результаты проведенных работ по повышению уровня МО машиностроения определило приоритетность направлений, что нашло свое отражение в читаемых курсах по

метрологии в различных ВУЗах, связанных с машиностроением. (в Харькове – это Политехнический, Аэрокосмический, Радиоэлектронный университеты)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЛОЖНОГО ИЗДЕЛИЯ В УСЛОВИЯХ CALS/ИПИ ТЕХНОЛОГИЙ

Головин Д.Л., Комаров Ю.Ю., Зыонг Куок Зунг ()

CALS - технологии – информационная поддержка жизненного цикла продукции на всех его стадиях, основанная на использовании единого информационного пространства (ЕИП), обеспечивающая единообразные способы управления процессами и взаимодействия всех участников этого цикла: проектировщиков, производителей, заказчиков, поставщиков.

Информация в ЕИП создается, преобразуется, хранится и передается от одного участника к другому при помощи программных средств.

К числу таких средств относят:

- автоматизированные системы конструкторского и технологического проектирования (CAE/CAD/CAM);
- программные средства управления данными об изделии (PDM).

Главный принцип ЕИП: информация, однажды возникшая на каком-либо этапе жизненного цикла (ЖЦ) изделия, сохраняется в ЕИП и становится доступной всем участникам этого и других этапов. Это позволяет избежать дублирования, перекодировки и несанкционированных изменений данных, избежать связанных с этими процедурами ошибок и сократить затраты труда, времени и финансовых ресурсов.

Применение CALS - технологий позволяет:

- сократить затраты и трудоемкость процессов технической подготовки и освоения производства новых изделий;
- сократить календарных сроки вывода новых конкурентоспособных изделий на рынок;
- сократить долю брака и затрат, связанных с внесением изменений в конструкцию;
- увеличить объем продаж изделий, снабженных электронной технической документацией (в частности, эксплуатационной), в соответствии с требованиями международных стандартов;
- сократить затраты на эксплуатацию, обслуживание и ремонты изделий, которые для сложной наукоемкой продукции подчас равны или превышают затраты на ее закупку.

Внедрение CALS - технологий весьма трудоемкий процесс, требующий от членов коллектива (конструкторов, технологов, организаторов и пр.) как освоения общих инструментальных средств (например, CAD систем), так и разработки и освоения новых методологий проектирования, методов анализа и синтеза технических решений с использованием специальных инструментальных программных средств.

Теория технологического проектирования - система обобщающих положений и систематизированных знаний, отражающая объективные закономерности процессов: формирования информационного образа изделия с заданными свойствами и пригодного к материализации; процессов создания информационной модели (проекта) материализации, контроля качества и функционирования. Задачи технологического проектирования (рис.1.).

Известно, что технологическое проектирование предопределяет наличие определенных знаний о процессах; предметах технологии, используемых в процессах; действиях, совершаемых над предметами и с помощью предметов; структуре этих действий; взаимосвязи отдельных процессов, предметов и их свойств.

Технологические знания так же, как и любые другие, приобретаются в процессе активной научной и производственно-познавательной деятельности человека. Пройдя этап систематизации, они образуют технологическую базу знаний. Обычно, систематизацию тех-

нологической информации осуществляют в форме справочных материалов, инструкций, типовых процессов и пр. Использовать ее в автоматизированных системах сложно.

Для автоматизированных систем технологического проектирования используемых в **CALS** - технологиях требуется создание новых методов и приемов систематизации технологической информации, например, в виде специальной конструкции - абстрактного технологического процесса.

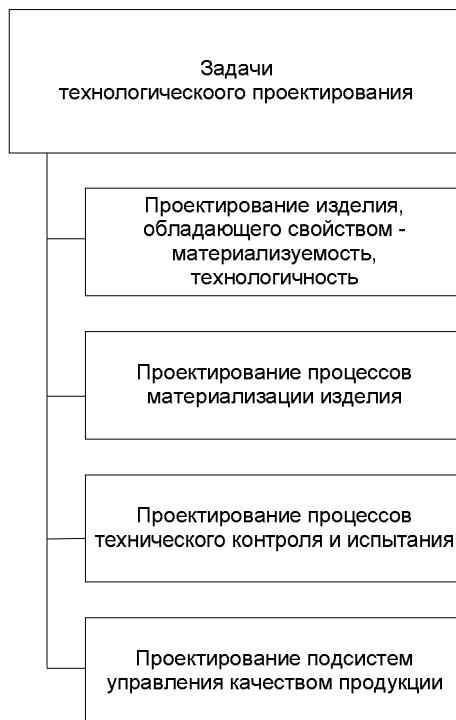


Рис.1 Задачи технологического проектирования

В **CALS**-технологиях необходимо обеспечить единообразное описание и интерпретацию данных, независимо от места и времени их получения в общей системе проектирования.

Комплексный подход [1] позволяет подойти к построению перспективной формы задания опорного пространства в виде абстрактного технологического процесса (рис. 2.).

Под абстрактным технологическим процессом материализации изделия понимаем специальную конструкцию, созданную на множестве процессов, используемых при производстве изделий.

Конструкция абстрактного технологического процесса должна:

1. быть иерархической системой и характеризоваться: вертикальной декомпозицией на подсистемы решения технологических задач на различных уровнях абстрагирования.
2. обладать полной или частичной упорядоченностью процессов на каждом уровне.
3. допускать возможность использования систематизированных процессов для автоматизированного проектирования процессов материализации конкретного изделия.

Построение такой сложной конструкции как абстрактный технологический процесс требует разрешения методологических и математических проблем - по информационному изображению предметов и процессов; анализу и синтезу процессов; синтезу компоновочных схем оборудования; машинным методам систематизации.

Конструирование абстрактного технологического процесса и его дальнейшее использование в автоматизированных системах проектирования требует использования математических моделей информационного изображения процессов и предметов.

Под математической моделью (ММ) физического объекта понимают конструкцию из математических объектов (чисел, переменных, векторов, поверхностей, множеств, отношений и т.п.), отражающую наиболее существенные стороны этого объекта.

По характеру отображаемых свойств объекта ММ делят на структурные и функциональные. Структурные ММ предназначены для отображения структурных свойств объектов, и их делят на топологические и геометрические. Функциональные ММ предназначены для отображения функциональных связей, протекающих в объекте. Различают макро- и микромодели. Макромодель характеризует состояния всех имеющихся межэлементных связей между укрупненными блоками, а микромодель - состояние отдельных блоков. По способу представления свойств объекта функциональные модели делят на аналитические и алгоритмические.

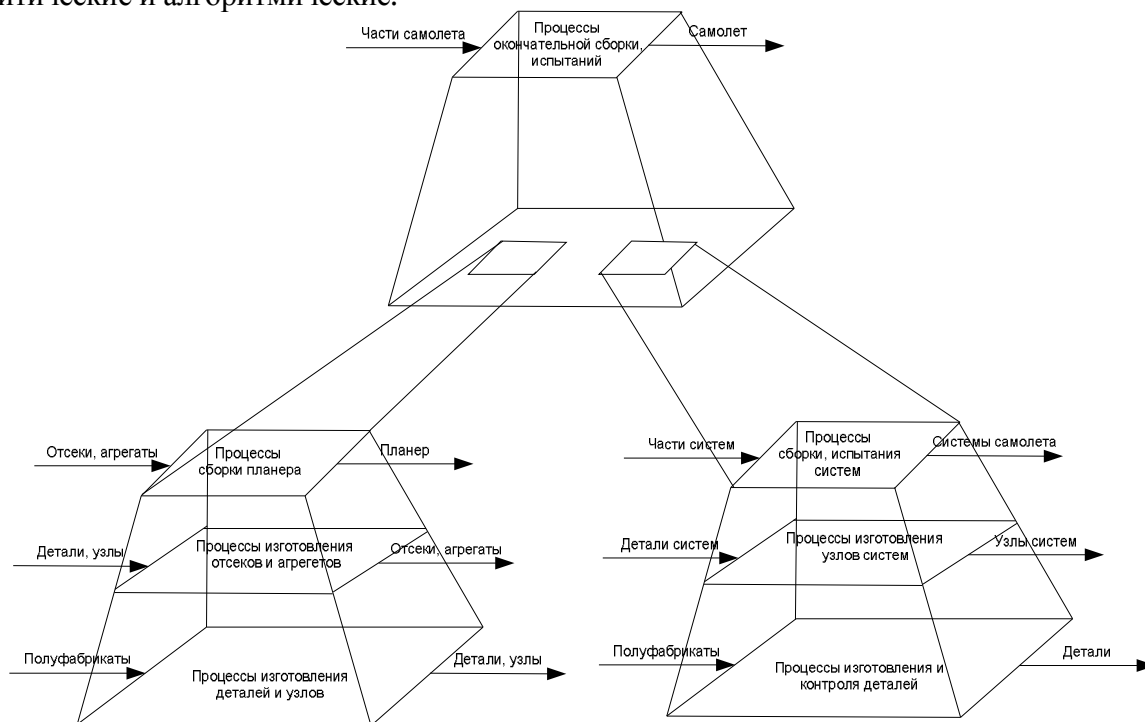


Рис. 2 Абстрактный технологический процесс

Аналитические ММ представляют собой явные выражения выходных параметров как функций входных и внутренних параметров.

Алгоритмические ММ выражают связи в форме алгоритма выходных параметров с параметрами внутренними и внешними.

Имитационная модель - алгоритмическая модель, отражающая поведение исследуемого объекта во времени (по этапам) при внешних (исходных) воздействиях на объект.

Для информационного изображения процессов и предметов и построения в конечном итоге абстрактного технологического процесса требуются модели особого вида - системно-множественные, так как строится не просто модель процесса, а модель множества процессов, множества структур, множества предметов и пр. При построении таких моделей на первое место выдвигаются методологические вопросы - логико-философские аспекты, принципы структуризации процессов и предметов.

Принцип структуризации процессов и предметов. Системный подход, являющийся методологией современных исследований больших систем, предполагает комплексное рассмотрение процессов и предметов: рассмотрение процесса как целостного образования; выявление составляющих частей и связей; анализ функций частей и функциональных связей между частями; обоснованно целесообразной степени информационного описания процесса или предмета.

Конечная цель системного анализа с учетом логико-философских аспектов - построение системно-множественных математических моделей для практического использования.

Принцип регулярности. Существуют регулярные структуры технологических процессов, регулярные структуры предметов технологии, регулярные отношения и функциональные взаимосвязи между процессами и предметами, которые позволяют осуществить предварительную систематизацию проектных технологических знаний.

Принцип декомпозиции процессов. Технологический процесс как сложная система, может быть подвергнут декомпозиции на подпроцессы или предметы и действия.

Другой формой декомпозиции процесса является выделение предметов, участвующих в процессе, по схеме:

предметы => *имя действия*, где => отношение "предметы участвуют в процессе".

Предметы, в свою очередь, можно рассматривать как целостные образования и производить их декомпозицию на части, рассматривая при этом свойства частей, связи и отношения между частями, образующими целое. Рассмотрение предметов как целостных систем и их декомпозиция позволяет образовывать классы предметов, производить подробный анализ наличия свойств, отношений, качеств и в конечном итоге строить информационное изображение предметов или частей.

Наиболее общей формой информационного изображения процессов и предметов являются конструкции, созданные на основе использования исчисления предикатов и методов его расширения.

Для информационного изображения процессов и предметов можно использовать идеализированный объект:

$$I = \langle V, S, \Sigma, R \rangle,$$

где V - множество элементов v^i , принадлежащих V ; $S: V \rightarrow V'$ - правило подобия; R - правило объединения элементов v^i в структуру Σ , т.е. бинарные отношения $R_i(v^i, v^j)$.

В качестве элементов v^i , принадлежащих V , используем: v^1 - имя предмета; v^2 - имя процесса; v^3 - свойство (предмета, процесса); v^4 - качество (предмета, процесса); v^5 - параметр; v^6 - решающее правило; v^7 - ограничение; v^8 - функциональная связь; v^9 - отношение.

Информационное изображение процессов и предметов представим в виде графа $G = \langle V, R \rangle$, где v^i , принадлежащее V , - множество вершин графа; r^i , принадлежащее R - множество соединений вершин (двуместный предикат $r_i(v^i, v^j)$).

При построении идеализированных объектов используем следующие бинарные отношения:

- $r_1(v^{1-2}, \lambda)$ - отношение называния, где λ - реальный предмет или процесс;
- $r_2(v^1, v^2)$ - отношение использования элементов v^1 элемента v^2 ;
- $r_3(v^1, v^2)$ - отношение предмет v^1 участвует в процессе v^2 ;
- $r_4(v^1, v^2)$ - предмет v^1 преобразуется процессом v^2 ;
- $r_5(v^{1-2}, v^{1-2})$ - подпроцесс (предмет) v^{1-2} является частью процесса (предмета) v^{1-2} ;
- $r_6(v^3, v^{1-2})$ - элемент принадлежит (характеризует) элемент v^{1-2} ;
- $r_7(v^{1-2}, v^4)$ - элемент v^{1-2} оценивается элементом v^4 ;
- $r_8(v^3, v^4)$ - элемент v^3 является частью элемента v^4 ;
- $r_9(v^5, v^6)$ - элемент v^5 - характеристика v^6 ;
- $r_{10}(v^6, v^3)$ - элемент v^6 определяет наличие v^3 ;
- $r_{11}(v^5, v^6)$ - элемент v^5 (проверяется) соотносится с элементом v^6 ;
- $r_{12}(v^7, v^5)$ - элемент v^7 ограничивает v^5 ;
- $r_{13}(v^5, v^8)$ - элемент v^5 принадлежит v^8 ; v^9 - отношение между элементами v^{1-2} , v^3 , v^4 .

В качестве формального аппарата действий с идеализированными объектами используют алгебраическую систему:

$$\langle J, W_p, W_1 \rangle,$$

где J_p - множество носитель, т.е. I ; W_p - множество предикатов; W_1 - множество функций.

В качестве множества W_p принимают двуместные предикаты:

- R_1 - отношение следования; R_2 - отношение предшествования;
- R_3 - отношение предопределения; R_4 - отношение включения;
- R_5 - отношение части к целому; R_6 - отношение абстрагирования;
- R_7 - отношение детализации; R_8 - отношение определения;

R_9 - отношение равенства; R_{10} - отношение превосходства;
 R_{11} - отношение формирования качества; R_{12} - отношение соответствия; R_{13} - отношение используется.

Для каждого отношения формируются свойства рефлексивности, симметричности, транзитивности и т.п.

В качестве множества W_f используют множество функциональных зависимостей, которые считаются "значимыми" при построении модели процессов.

При оперировании с идеализированными объектами используется ряд условий.

Условие 1 (следования процессов, предметов).

Если свойства процессов (предметов) находятся в отношении предшествования, то процессы, предметы следуют друг за другом:

$$\forall v_1^{t-2}, \exists v_2^{t-2} \exists v_1^3(v_1^{t-2}) \exists v_2^3(v_2^{t-2}) [v_1^3(v_1^{t-2}) \wedge v_2^3(v_2^{t-2}) \wedge R_2(v_1^3, v_2^3) \rightarrow R_1(v_1^{t-2}, v_2^{t-2})].$$

Условие 2 (предопределения предметов).

Если свойства первого предмета требуют наличия свойств второго предмета, то наличие первого предмета предопределяет наличие второго предмета.

$$\forall v_1^2 \exists v_2^2 \exists v_1^3 \exists v_2^3 [v_1^3(v_1^2) \wedge v_2^3(v_2^2) \wedge R_3(v_1^3, v_2^3) \rightarrow R_3(v_1^2, v_2^2)].$$

Система содержательных условий добавляется к обычным логическим аксиомам теории первого порядка исчисления предикатов и позволяет сформулировать ряд теорем, которые являются основой для разработки алгоритмов.

Список литературы: 1. Чударев П.Ф., Головин Д.Л., Комаров Ю.Ю. Автоматизированное проектирование технологических процессов авиационного производства.- М: Изд-во МАИ, 1991. 2. Головин Д.Л., Пашенко О.Б., Терликов В.В. Оптимизация проектов сложных технических систем на геометрических моделях методом экспертизы: Проблемы создания перспективной авиационной техники. Сборник статей научно-исследовательских, проектно-конструкторских и технологических работ студентов, молодых ученых и инженеров./ Под ред. проф. Ю.Ю. Комарова, В.А. Мхитаряна.- М: Изд-во МАИ, 2003.-4 с :ил. 3. Бельков А.А., Головин Д.Л., Пашенко О.Б. CALS-технологии и метод построения эвристических алгоритмов в системе автоматизированного проектирования компоновки радиоэлектронного оборудования на борту маневренного самолета методом экспертизы. Сборник статей научно-исследовательских, проектно-конструкторских и технологических работ студентов, молодых ученых и инженеров /Под ред. Ю.Ю. Комарова, В.А. Мхитаряна «Создание перспективной авиационной техники».- М: Изд-во МАИ, 2004. 4. ГОСТ Р ИСО 10303-1-99 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление и обмен данными об изделии. Методы описания. Общий обзор и основополагающие принципы.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ САПР ТП

Голубов Н.В., Горобец И.А., Чучин А.М. (ДонНТУ, г. Донецк, Украина,)

Systems of the automated designing of technological processes are the important means of automation of technological preparation of manufacture. New systems of designing of technological processes should provide new opportunities for users of these systems

Технологические службы предприятий в современных экономических условиях вынуждены оперативно решать задачи подготовки производства. Сроки разработки документации, несколько лет назад считавшиеся приемлемыми, сегодня не устраивают ни руководителей, ни самих технологов. Существенно ускорить подготовку производства, по-

высить отдачу персонала и привлекательность инженерной деятельности позволяет использование автоматизированных систем технологической подготовки производства.

Широкий спектр задач, решаемый технологами, предъявляет высокие требования к таким системам. Система должна быть простой в освоении, удобной в работе, обладать развитыми функциональными возможностями, удобством в работе и гибкостью настройки.

САПР КОМПАС-Автопроект используется на машиностроительных предприятиях с 1989г. и состоит из двух взаимосвязанных подсистем: «Автопроект-Спецификации» и «Автопроект-Технологии»

Подсистема «Автопроект-Спецификации» решает задачи ведения конструкторско-технологических спецификаций изделий, организации хранения разработанных технологий, нормирования расхода материалов, регистрации документов, анализа архивных технологий, автоматической замены в архивах и другие задачи обработки технологических данных, связанных с составом изделия.

В подсистеме «Автопроект-Технологии» реализованы функции проектирования технологических процессов механической обработки, штамповки, сборки, термообработки, сварки, покрытий и других видов обработки, систематизации нормативно-справочной информации, проведения технологических расчетов, формирования комплекта технологической документации.

Подсистема АВТОПРОЕКТ-Спецификации обеспечивает: ввод и управление информацией о составе изделия; централизованное ведение архива конструкторско-технологической документации; поиск объектов состава изделия и относящейся к ним документации по различным критериям; разграничение прав доступа к технологическим документам; создание многовариантных расцеховочных маршрутов изготовления изделия; материальное нормирование по настраиваемым алгоритмам; автоматическую замену данных в архиве технологических процессов при изменении нормативной документации с автоматическим формированием извещения об изменении; формирование сводных ведомостей (подетально-специфицированных и сводных норм расхода материалов, ведомостей трудоемкости изготовления изделия, загрузки оборудования, ведомости технологических маршрутов).

Для работы с составом изделия предусмотрена возможность импорта конструкторской спецификации из КОМПАС-3D и из других источников.

Подсистема АВТОПРОЕКТ-Технология обеспечивает: автоматизированное проектирование технологических процессов для различных видов производств (механической обработки, сборки, сварки, термообработки, штамповочного производства, литья, гальванических покрытий и т.д.) или "сквозных" техпроцессов, включающих операции разных производств; расчет режимов резания для механической обработки; расчет режимов сварки; расчет норм времени на выполнение операций (трудовое нормирование); формирование необходимого комплекта технологической документации; перевод технологического процесса на иностранный язык.

В КОМПАС-Автопроект база данных конструкторско-технологических спецификаций представляет собой четырехуровневую цепочку данных (изделие - узел - деталь - документы), по которым распределена информация. Система обеспечивает наглядное представление структуры изделия, средства навигации и редактирования данных. Предусмотрен удобный механизм поиска в базах данных.

Формирование сводной ведомости материалов и другой технологической документации реализовано в среде Microsoft Excel на основе технологии OLE с использованием генератора отчетов. Технолог выбирает изделие для расчета сводных норм, запускает про-

цедуры расчета и подготовки документа. Затем перечень требуемых материалов в бумажном или электронном виде передается службам снабжения предприятий.

Подобный механизм создания документации позволяет формировать различные выходные формы, применяемые на практике предприятиями. Для этого пользователь разрабатывает и настраивает в редакторе Excel требуемый бланк и, запустив генератор отчетов, в автоматизированном режиме переносит в него необходимую информацию.

Система обеспечивает интеграцию с различными системами управления документацией.

Однако можно отметить и следующие недостатки данной системы:

1. Отсутствие связи между конструкторскими элементами изделия и элементами технологического процесса;
2. Отсутствие базы обработки типовых конструктивных элементов;
3. Невозможно в системе работать с 3-D моделями деталей.

Перечисленные недостатки устранены в САПР технологических процессов нового поколения ВЕРТИКАЛЬ [1], предназначенной для автоматизации процессов технологической подготовки производства. В системе реализован качественно новый подход к организации данных о технологических процессах, базирующийся на объектной модели представления и обработки информации. "Технологическая" часть модели содержит сведения об операциях, переходах, оснастке. "Конструкторская" - отображает состав и структуру обрабатываемых поверхностей детали. Объекты "переходы" и "конструктивные элементы" имеют двусторонние связи, что позволяет определять как список переходов по каждой поверхности, так и состав поверхностей, обрабатываемых на отдельных технологических операциях. Особенностью данной модели является наличие у объекта "переходы" двух родителей: "операции" и "конструктивные элементы", что позволяет получить вторую "пространственную" точку зрения на технологический процесс, идущую от конструкции детали.

Технологу предоставлена возможность выбора оптимального сочетания режимов проектирования.

В системе ВЕРТИКАЛЬ-Технология предусмотрена также возможность работы технолога с трехмерными моделями изделий и всеми видами графических документов (чертежами, эскизами). Пользователь может подключить к технологическому процессу документы и модели, созданные на этапе конструирования, и использовать их при проектировании ТП.

Система ВЕРТИКАЛЬ-Технология позволяет пользователю оперировать конструкторско-технологическими элементами (КТЭ). Они, как ясно уже из их названия, объединяют в себе конструкторскую и технологическую информацию об элементах, из которых состоит деталь.

В "Дереве КТЭ" (рис. 1) отображается состав и иерархия поверхностей детали. Выбор определенного элемента в дереве автоматически собирает технологические переходы по данному конструктивному элементу детали и выводит их на вкладке "План обработки".

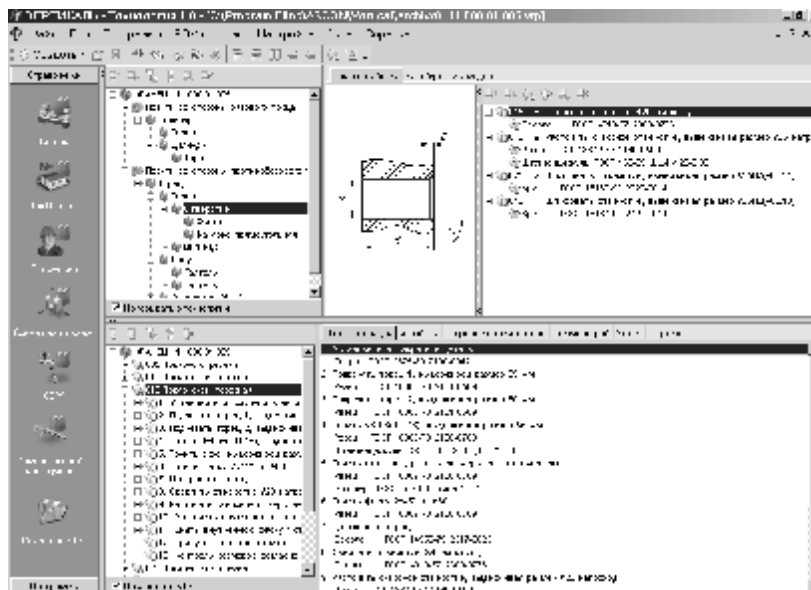


Рис. 1 - «Дерево» конструкторско-технологических элементов детали
Формирование "Дерева КТЭ" (рис. 2) осуществляется с помощью специальной библиотеки, в которой конструктивные элементы связаны с типовыми технологическими планами их обработки.

Между "Деревом КТЭ" и "Деревом ТП" существует двусторонняя синхронизация. Активизация перехода на закладке "План обработки" выделяет его в "Дереве ТП" и наоборот.

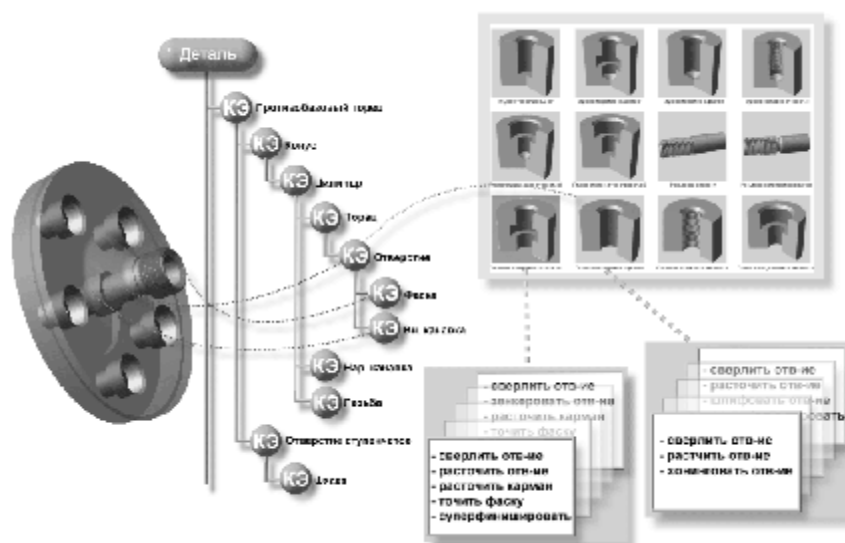


Рисунок 2 - Библиотека конструкторско-технологических элементов

В системе ВЕРТИКАЛЬ можно связать 3D-модель детали с "Деревом КТЭ". При этом в качестве графического редактора используется система КОМПАС-3D. В отдельном окне системы ВЕРТИКАЛЬ отображается 3D-модель детали, на которую разрабатывается технология (рис. 3).

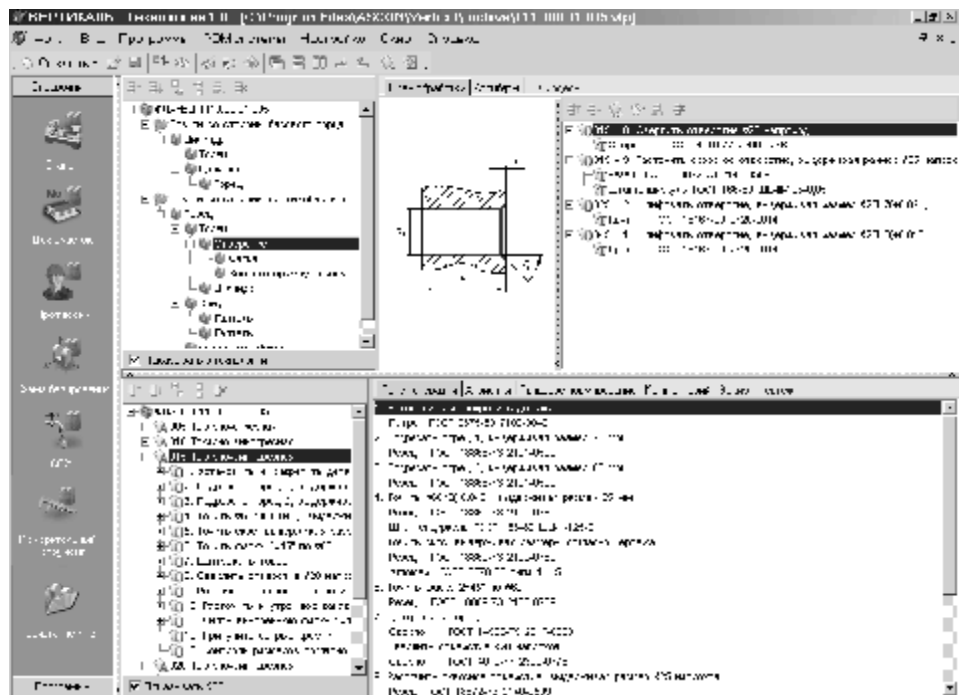


Рис. 3 - Встроенное ActiveX окно системы КОМПАС 3D

В данном окне технологу доступен минимальный набор функций по работе с 3D-моделью: вращение, выделение граней, масштабирование, необходимые для навигации по изображению. Грани 3D-модели, образующие обрабатываемые конструктивные элементы, посредством уникальных идентификаторов связываются с элементами дерева КТЭ. Образуется двухсторонняя связь, позволяющая при выделении грани в 3D-модели активизировать соответствующий элемент в дереве КТЭ совместно с технологическим планом его обработки. При выборе технологического перехода в дереве ТП активизируется элемент КТЭ и подсвечивается обрабатываемая поверхность в 3D-модели. В данном случае можно говорить о том, что 3D-модель детали является средством навигации в технологическом процессе.

Формирование комплекта технологической документации осуществляется в среде MS Excel. Обеспечивается автоматическая вставка операционных эскизов, сквозная нумерация технологических карт в составе комплекта. В базовую поставку входят бланки карт по ЕСТД (маршрутные и маршрутно-операционные карты, карты эскизов, контроля, карты технологического процесса, ведомости оснастки, комплекточные карты). При необходимости пользователь имеет возможность самостоятельно создать новые формы технологических документов, в том числе и по требованиям стандарта предприятия.

Немаловажно то, что карты формируются в общераспространенном формате. Их легко передавать и использовать в любом подразделении предприятия.

Интеграция с системой трехмерного моделирования КОМПАС-3D позволяет организовать сквозное решение задач конструкторско-технологической подготовки производства. Разрабатывая технологический процесс, технолог непосредственно использует трехмерную модель или чертеж детали, созданные в КОМПАС-3D.

Система «ВЕРТИКАЛЬ» новый шаг в совершенствовании САПР ТП позволяющий сделать средства автоматизированного проектирования эффективным инструмен-

том технологической подготовки машиностроительного производства и удобным средством изучения технологических дисциплин в учебных заведениях.

Список литературы: 1. Андриченко А.А «ВЕРТИКАЛЬ» - новое поколение технологических САПР. Объектный подход. - М.: САПР и графика, июнь 2005, с. 12-16

СИЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГІДРОСТАТИЧНОЇ ОПОРИ З ВНУТРІШНІМ ЩІЛИННИМ РЕГУЛЯТОРОМ

Гордєєв О.Ф., Захаров П.О., Полинкевич Р.М. (ЛДТУ, ЛГУ, м. Луцьк, Україна)

As object of research the new design of the hydrostatic bearing with an internal slot-hole regulator is considered and its power characteristics are received.

1. Вступ. Основна область застосування шпиндельних гідростатичних опор (ГСО) - верстати, в яких є вимоги високих жорсткості, демпфірування і точності обертання (вище у 2...3 рази ніж у опор кочення). Високі показники по останніх двох вимогах властиві ГСО за принципом їх конструктивної особливості. Але жорсткість на рівні жорсткості опор кочення досягається як правило за рахунок збільшених втрат потужності на тертя в опорі й прокачування мастила, збільшення продуктивності насосної станції. Шпиндельні ГСО працюють з дросельною системою живлення [1]. В якості дроселів використовують в більшості випадків капілярні й щілинні дроселі постійного опору, які розташовуються або в корпусі підшипнику, або зовні. Їх недоліки: засмічування тонких щілин й капілярів; технологічна важкість отримання заданих тисків в кишнях ГСО, тому необхідною умовою працездатності ГСО є постійна тонка фільтрація мастила. Таких недоліків, в першу чергу засмічування, немає в так званих бездросельних ГСО [1], які до того ж мають підвищену жорсткість, але за рахунок високих вимог щодо точності виготовлення. Для підвищення жорсткості була запропонована конструкція ГСО з перемичками, що деформуються [2], але це не вирішує проблеми можливого засмічення дроселя на вході в кишень ГСО. Повністю вирішує проблема засмічування дроселя вирішується в ГСО із внутрішнім щілинним дроселюванням [3], але жорсткість таких опор в цілому нижче ніж в опорах з дроселями постійного опору за рахунок позитивного оберненого зв'язку між зміщенням в опорі й величиною гідравлічного опору дроселя.

Іноді для дроселювання мастила використовують регулятори тиску по одному на кожен кишень ГСО, але поряд з високою вартістю й необхідністю зовнішнього розташування регуляторів є ще один недолік – погіршення динамічних властивостей ГСО через збільшення об'єму мастила між дроселем і кишенею, а також внаслідок можливої власної нестійкої роботи регулятора на деяких режимах.

2. Основний зміст і результати роботи. В даній роботі розглядається ГСО із внутрішнім щілинним регулятором, за конструктивним принципом схожий з ГСО із внутрішнім щілинним дроселюванням [3]. В якості об'єкту дослідження обрана замкнена ГСО з однією кільцевою перемичкою, але отримані висновки можуть бути розповсюджені на будь-яку конструкцію ГСО з іншим розташуванням кишень й геометрією поверхонь.

Дві частини 1 і 2 плоскої гідростатичної опори (рис. 1, а), відповідно з кишнями I і II, розташовані в корпусі 3. В отворах частин 1 і 2 опори встановлені з можливістю осьового руху щілинні регулятори 4, які через тарілчасту пружину 5 піджимаються регулюючими гвинтами 6 до торцю отвору і опорі. Зовнішні кільцеві проточки 7 (рис. 1, б) щілинних регуляторів 4 через отвори 8 з'єднані з напірною магістраллю насосної станції 9. Шип 10 в центральному положенні встановлюється власними поверхнями з зазорами H відносно по-

верхонь частин 1 і 2 опори. При цьому між торцевими поверхнями регуляторів 4 і поверхнями шипа зазори мають величину H_d . В щільному регуляторі 4 виконані центральні отвори 11 діаметром d_0 , які через радіальні отвори 12, зовнішні кільцеві проточки 7 і отвори 8 з'єднуються з напірною магістраллю насосної станції 9. В корпусі 3 виконані отвори 13 для доступу до регулюючих гвинтів 6.

При навантаженні шипа 10 зовнішньою силою F він зміщується з положення O в положення O_1 . При цьому змінюються й зазори: H - між площинами частин 1 і 2 опори й шипа 10, H_d - між торцями щільних регуляторів 4 й площинами шипа 10, які для кишень I і II набувають відповідні значення h_1 , h_2 і h_{d1} , h_{d2} . За рахунок зменшення зазору h_1 на перемичках кишені I зростає гідравлічний опір R_1 витіканню з нього мастила і в наслідок тому зростає тиск p_2 . Це приводить до зміщення регулятора 4 в кишені I в бік стиснення тарілчастої пружини 5 жорсткістю J_d до положення рівноваги сил з боку стисненої пружини 5 і сили гідростатичного тиску мастила на торцеві поверхні щільного регулятора 4. Внаслідок збільшення зазору h_{d1} зменшується гідравлічний опір R_{d1} щільності щільного регулятора 4, що веде до додаткового збільшення гідростатичного тиску p_1 і збільшення сили, яка діє на шип 10 з боку кишені I назустріч зовнішньої силі F . Аналогічно аналізуючи процеси в кишені II можна довести, що зміщення шипа 10 в положення O_1 веде до зменшення гідростатичного тиску p_2 і сили, яка діє на шип 10 з боку кишені II в бік дії зовнішньої сили F . Розглянутий механізм перерозподілу гідростатичних тисків p_1 і p_2 приводить, в залежності від величини жорсткості тарілчастих пружин 5, до повної, або часткової компенсації зовнішньої сили F .

Розглянемо математичну модель розрахунку силових характеристик опори з допомогою рівнянь балансу витрат в кишенях і дроселюючи елементах, вважаючи що: насосна станція 9 забезпечує постійний тиск $p_H = \text{const}$; мастило, яке не стискується і має постійний коефіцієнт динамічної в'язкості μ ; поверхні, що утворюють зазори, ідеальні.

Розглянемо баланс витрат для кишені I .

Витрата через щільний регулятор 4 (через зазор h_{d1}) [1]:

$$Q_{d1} = \frac{(p_H - p_1)}{R_{d1}} = \frac{p(p_H - p_1)h_{d1}^3}{6m \ln(d_1/d_0)}. \quad (1)$$

Витрата через плоску кільцеву перемичку кишені I (через зазор h_1):

$$Q_1 = \frac{(p_1 - p_0)}{R_1} = \frac{p(p_1 - p_0)h_1^3}{6m \ln(r_2/r_1)}, \quad (2)$$

де p_0 - тиск на злив з кишені I .

Порівнюючи втрати (1) і (2), враховуючи при цьому $p_0 = 0$, отримаємо:

$$p_1 = \frac{p_H}{1 + \frac{\ln(d_1/d_0) h_1^3}{\ln(r_2/r_1) h_{d1}^3}}. \quad (3)$$

де r_1 і r_2 - найбільший і найменший радіуси перемичок в кишені.

При центральному положенні шипа 10 (положення O) в кишені I встановлюється настроювальний тиск:

$$p_{10} = \frac{p_H}{1 + \frac{\ln(d_1/d_0) H^3}{\ln(r_2/r_1) H_d^3}}, \quad (4)$$

при якому деформацію пружини 5 будемо рахувати нульовою або настроювальною. Додаткова деформація пружини 5 виникає під дією додаткового тиску $\Delta p_1 = p_{10} - p_1$, враховуючи,

що малому торці щілинного регулятора 4 на кільце з діаметрами від d_0 до d_1 є розподіл тиску від значення p_H до p_1 за законом:

$$p(d) = p_H - (p_H - p_1) \frac{(d - d_0)}{(d_1 - d_0)}.$$

Інтегруванням останнього по площині зазору отримаємо силу тиску в кишені I на пружину 5 з боку малого торця щілинного регулятора 4 на кільце з діаметрами від d_0 до d_1 :

$$P_{M1} = p \int_{d_0}^{d_1} d \cdot p(d) dd = \frac{p(p_H d_1 - p_1 d_0)(d_1^2 - d_0^2)}{2(d_1 - d_0)} - \frac{p(p_H - p_1)(d_1^3 - d_0^3)}{3(d_1 - d_0)}.$$

(5)

На торці щілинного регулятора 4 з діаметрами від d_1 до d_2 діє тиск p_1 , якій створює додаткову силу P_{B1} :

$$P_{B1} = \frac{p(d_2^2 - d_1^2)}{4} p_1.$$

(6)

Результуюча сила P_{T1} , яка стискує пружину 5, складається з (5) і (6):

$$P_{T1} = P_{M1} + P_{B1} = \frac{p(p_H d_1 - p_1 d_0)(d_1^2 - d_0^2)}{2(d_1 - d_0)} - \frac{p(p_H - p_1)(d_1^3 - d_0^3)}{3(d_1 - d_0)} + \frac{p(d_2^2 - d_1^2)}{4} p_1.$$

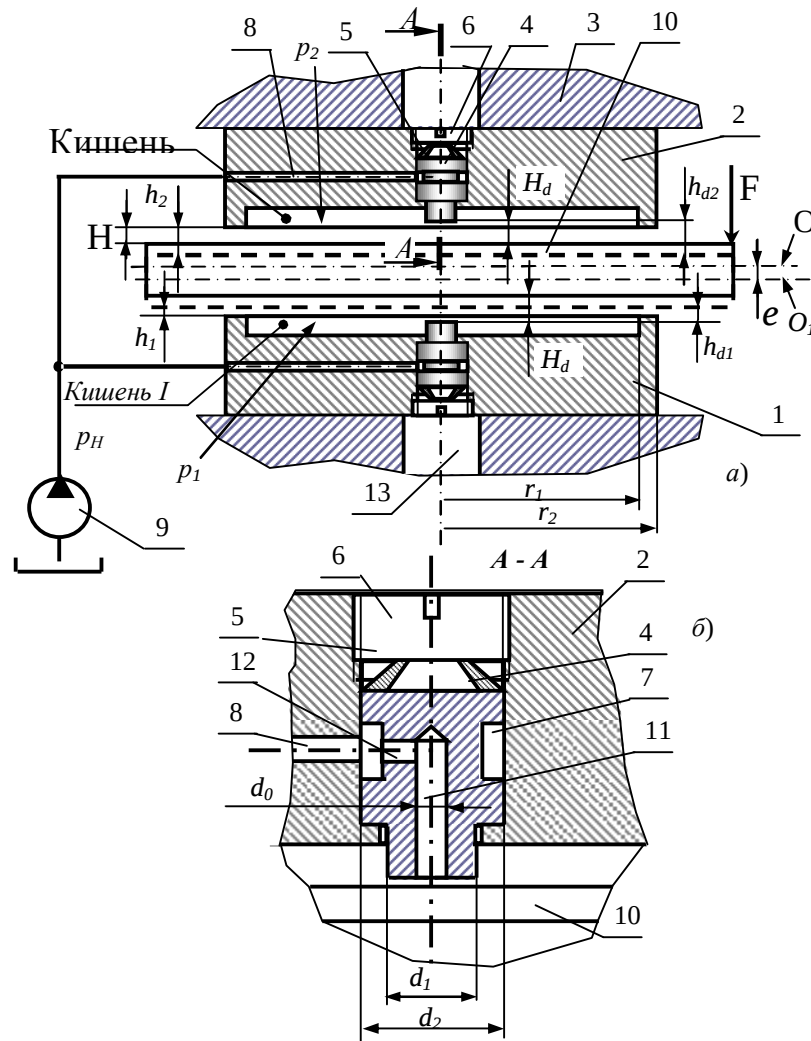


Рис. 1. Розрахункова схема плоскої гідростатичної опори з внутрішнім щілинним регулятором: *а* – схема опори; *б* – схема регулятора

Підставляючи в (7) замість тиску p_1 (3) настроювальний тиск, p_{10} отримаємо вираз для сили P_{T10} , яка має місце при настройці:

$$P_{T10} = \frac{p(p_H d_1 - p_{10} d_0)(d_1^2 - d_0^2)}{2(d_1 - d_0)} - \frac{p(p_H - p_{10})(d_1^3 - d_0^3)}{3(d_1 - d_0)} + \frac{p(d_2^2 - d_1^2)}{4} p_{10}.$$

Різниця $\Delta P_{T1} = P_{T1} - P_{T10}$ являє собою прирощення сили P_{T1} по відношенню до отриманої при настройці:

$$\Delta P_{T1} = P_{T1} - P_{T10} = \frac{p(p_{10} - p_1)d_0(d_1^2 - d_0^2)}{2(d_1 - d_0)} + \frac{p(p_1 - p_{10})(d_1^3 - d_0^3)}{3(d_1 - d_0)} + \frac{p(d_2^2 - d_1^2)}{4}(p_1 - p_{10}). \quad (7)$$

Отже додаткова деформація пружини 5 і збільшення зазору h_{d1} складає величину:

$$\Delta h_{d1} = \Delta P_{T1} / J_d, \quad (8)$$

де J_d - жорсткість пружини 5 щілинного регулятора 4.

Позначимо далі безрозмірні величини: $\varepsilon = e / H$ – відносний ексцентриситет; $m = p_{10}/p_H = p_{20}/p_H$ - відносна вихідна (центральна, без навантаження F) настройка тиску відповідно в кишнях *I* і *II*; $K_d = H_d / H$;

$\bar{p}_1 = \frac{p_1}{p_H}$; $\bar{p}_2 = \frac{p_2}{p_H}$ - відносні (безрозмірні) величини робочих тисків в кишнях *I* і *II*.

Тоді маємо:

$$h_1 = H(1 - \varepsilon); h_2 = H(1 + \varepsilon); K_d = H_d / H;$$

$$h_{d1} = H_d - \varepsilon + \Delta h_{d1} = H(K_d - e + \text{sign}(\bar{p}_1 - m)\Delta \bar{h}_{d1}); \Delta \bar{h}_{d1} = \Delta h_{d1} / H;$$

$$h_{d2} = H_d + \varepsilon + \Delta h_{d1} = H(K_d + e + \text{sign}(\bar{p}_2 - m)\Delta \bar{h}_{d2}); \Delta \bar{h}_{d2} = \Delta h_{d2} / H,$$

де знак *sign* враховує напрямок деформації пружин 5 у кишнях *I* і *II* при переході величин тисків в цих кишнях через граничне значення m .

Використовуючи ці позначення, формули (3), (4) і (7) можна переписати:

$$\bar{p}_1 = \frac{1}{1 + \frac{\ln(d_1/d_0)}{\ln(r_2/r_1)} \frac{(1-e)^3}{[K_d - e + \text{sign}(\bar{p}_1 - m)\Delta \bar{h}_{d1}]^3}}; \quad (9)$$

$$m = \frac{1}{1 + \frac{\ln(d_1/d_0)}{\ln(r_2/r_1)} \frac{1}{K_d^3}}; \quad (10)$$

$$\Delta P_{T1} = P_{T1} - P_{T10} = \frac{p p_H}{2} \left[\frac{(m - \bar{p}_1)d_0(d_1^2 - d_0^2)}{(d_1 - d_0)} + \frac{2(\bar{p}_1 - m)(d_1^3 - d_0^3)}{3(d_1 - d_0)} + \frac{(d_2^2 - d_1^2)}{2}(\bar{p}_1 - m) \right]. \quad (11)$$

Частіше прийняте у вихідних даних задавати рівень настроювання тиску m в кишнях, тому з (10) є корисним співвідношення:

$$K_d = \sqrt[3]{\frac{m}{1-m} \cdot \frac{\ln(d_1/d_0)}{\ln(r_2/r_1)}}. \quad (12)$$

Проводячи аналогічні міркування, отримаємо формули для кишні *II*:

$$\bar{p}_2 = \frac{1}{1 + \frac{\ln(d_1/d_0)}{\ln(r_2/r_1)} \frac{(1+e)^3}{[K_d + e + \text{sign}(\bar{p}_2 - m)\Delta\bar{h}_{d1}]^3}}; \quad (13)$$

$$\Delta P_{T2} = P_{T2} - P_{T20} = \frac{p p_H}{2} \left[\frac{(m - \bar{p}_2)d_0(d_1^2 - d_0^2)}{(d_1 - d_0)} + \frac{2(\bar{p}_2 - m)(d_1^3 - d_0^3)}{3(d_1 - d_0)} + \frac{(d_2^2 - d_1^2)}{2}(\bar{p}_2 - m) \right]; \quad (14)$$

$$\Delta h_{d2} = \Delta P_{T2} / J_d. \quad (15)$$

Навантажувальна здатність (силова реакція) опори визначається з формули:

$$P = p_H F_{\Phi} (\bar{p}_1 - \bar{p}_2), \quad (16)$$

де $F_E = p \left(r_1 + \frac{r_2 - r_1}{2} \right)^2$ - ефективна площа кишені.

Статична жорсткість J опори визначається як похідна від P з (16) по відноному ексцентриситету ε :

$$J = \frac{dP}{H \cdot d\varepsilon}. \quad (17)$$

Структура рівнянь (8), (9), (11) та (13), (14), (15) не дозволяє безпосередньо обчислювати тиски p_1 і p_2 в кишенях, оскільки ці рівняння є неявними. Тому при розрахунках використовувалася чисельна процедура пошуку їх в сумісному вирішенні.

Підставимо (8) в (9) і вирішимо (11) відносно $\bar{p}_1$, враховуючи що $\Delta\bar{h}_{d1} = \frac{\Delta P_{T1}}{JH}$, отримаємо для кишені I 2 рівняння в явному вигляді:

$$\bar{p}_1 = \frac{1}{1 + \frac{\ln(d_1/d_0)}{\ln(r_2/r_1)} \frac{(1-e)^3}{[K_d - e + \text{sign}(\bar{p}_1 - m)\Delta\bar{h}_{d1}]^3}}; \quad (18)$$

)

$$\bar{p}_{d1} = m - \frac{2J_d H \Delta\bar{h}_{d1}}{\left[\frac{d_0(d_1^2 - d_0^2)}{(d_1 - d_0)} - \frac{2(d_1^3 - d_0^3)}{3(d_1 - d_0)} - \frac{(d_2^2 - d_1^2)}{2} \right] p p_H}. \quad (19)$$

)

Сумісним рішенням їх буде значення $\Delta\bar{h}_{d1}$ при рівності $\bar{p}_1(\Delta\bar{h}_{d1})_{(18)} = \bar{p}_{d1}(\Delta\bar{h}_{d1})_{(19)}$ по формулах (18) і (19) відповідно.

Аналогічні залежності отримаємо для кишені II з врахування знаку зміщення e :

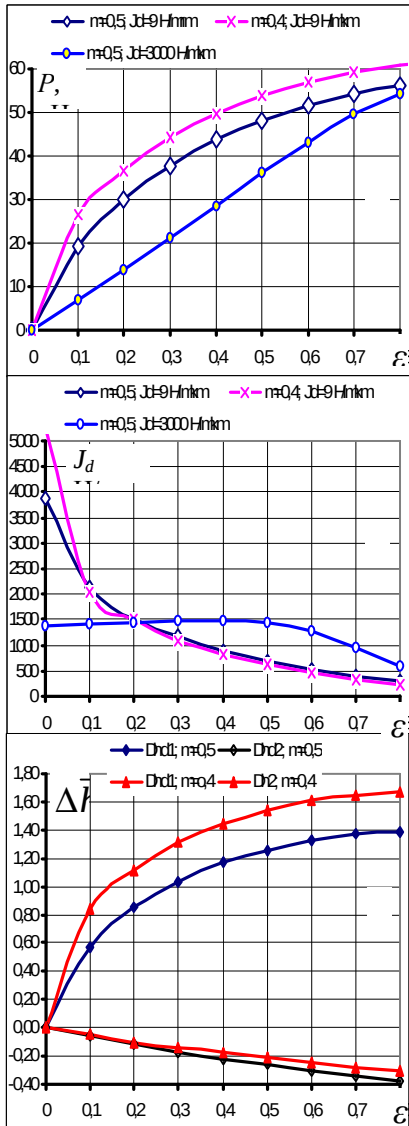


Рис. 2. Графіки визначення відносних тисків $\bar{p}_1$ і $\bar{p}_2$ з системою неявних рівнянь (18)–(21) при $\varepsilon = 0,2$

$$\bar{p}_2 = \frac{1}{1 + \frac{\ln(d_1/d_0)}{\ln(r_2/r_1)} \frac{(1+e)^3}{\left[K_d + e + \text{sign}(\bar{p}_2 - m) \Delta \bar{h}_{d2} \right]^3}}; (20)$$

$$\bar{p}_{d2} = m + \frac{2J_d H \Delta \bar{h}_{d2}}{\left[\frac{d_0(d_1^2 - d_0^2)}{(d_1 - d_0)} - \frac{2(d_1^3 - d_0^3)}{3(d_1 - d_0)} - \frac{(d_2^2 - d_1^2)}{2} \right] p p_H}. (21)$$

На рис. 2 показані графіки зміни цих величин (18)–(21) в функції $\Delta \bar{h}_{d1}$ і $\Delta \bar{h}_{d2}$, де точками 1 і 2 вказані рішення систем рівнянь (18), (19) і (20), (21) відповідно.

Графіки на рис. 2 є зручними для попереднього вибору жорсткості J_d пружин 5 (рис.1) регуляторів, оскільки кут нахилу ліній $\bar{p}_{d1}$ і $\bar{p}_{d2}$ пропорційний J_d . Крім того вони дозволяють таке положення цих ліній, коли вони не перетинаються з траєкторіями $\bar{p}_{d1}$ і $\bar{p}_{d2}$ в двох точках і достатньо швидко видаляються від точок 1 і 2. Перетин у двох точках свідчить об нестійкої роботі опори поблизу точки рівноваги при відсутньої зовнішньої сили навантаження F .

На рис. 3 представлені графіки зміни навантажувальної здатності P опори (рис. 3, а), статичної жорсткості J (рис. 3, б) і деформації пружин 5 регуляторів (рис. 3, в) від відносного ексцентриситету ε . Параметри опори й дроселя надані в табл. 1. Розглядалися 3 варіанта: 1) настройка тиску в кишенях $m = 0,5$ при жорсткості $J_d = 9$ Н/мкм; 2) $m = 0,4$ при $J_d = 9$ Н/мкм; 3) $m = 0,5$ при жорсткості $J_d = 3000$ Н/мкм. Останній випадок – це по суті є ГСО із внутрішнім щільним дроселюванням [3], оскільки деформації пружин 5 при цьому практично відсутні.

Таблиця 1. Параметри опори (див.рис. 1)

Пар-р	Од. виміру	Варіант ГСО		
		1)	2)	3)
m	-	0,5	0,4	0,5
J_d	Н/мкм	9	9	3000
H	мкм	50		
p_H	МПа	3		
r_1	мм	42		
r_2	мм	50		
d_0	мм	1		
d_1	мм	10		
D_2	мм	12		

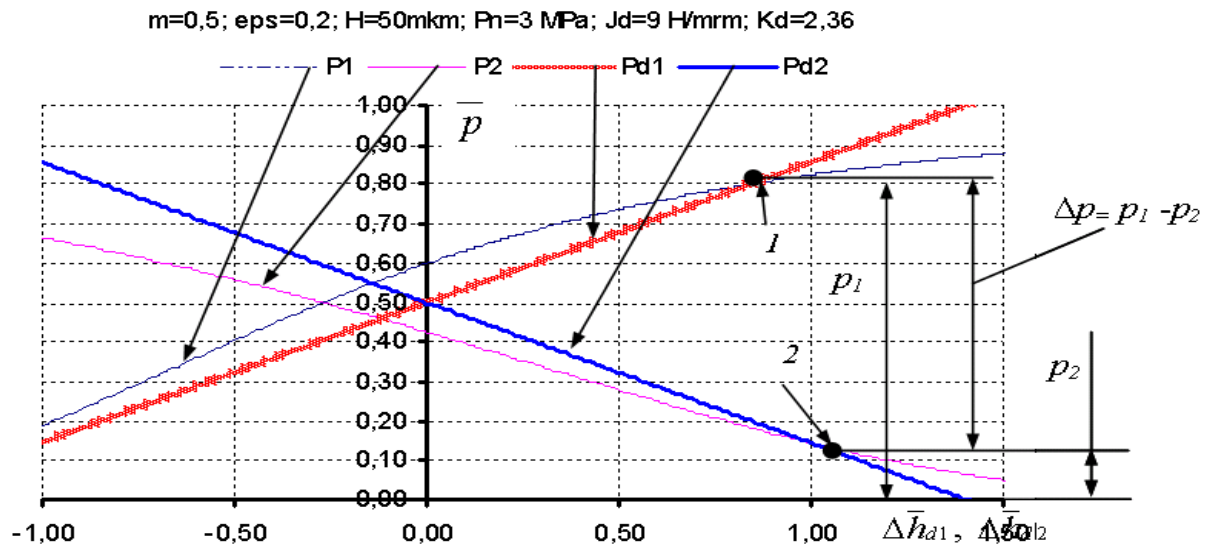


Рис. 3. Графіки зміни: а) навантажувальної здатності P ; б) статичної жорсткості J ; в) відносних деформацій пружин 5 регуляторів від відносного ексцентриситету ϵ

3. Висновки. Аналіз графіків на рис. 3 дозволяє зробити наступні висновки:

- 1) навантажувальна здатність ГСО зі внутрішнім щілинним регулятором на усьому діапазоні відносних зміщень в 2 – 3 рази більше ніж у ГСО зі внутрішнім щілинним дроселюванням (рис. 3, а);
- 2) ГСО зі внутрішнім щілинним регулятором при малих зміщеннях ($\epsilon = 0...0,2$) має в 2 – 5 разів більшу статичну жорсткість ніж ГСО зі внутрішнім щілинним дроселюванням (рис. 3, б);
- 3) зменшення початкової настройки регуляторів з $m = 0,5$ до $0,4$ приводить до збільшення навантажувальної здатності P на 10...20 % при одночасному збільшенні статичної жорсткості J при $\epsilon = 0$ до 50%% (рис. 3, а, б);
- 4) максимальні деформації пружин регуляторів не перевищують значень $(1,5...1,6)H$;
- 5) ГСО зі внутрішнім щілинним регулятором забезпечує в цілому більшу точність положення робочого органа верстата (шпинделя, стола, то що) і може бути рекомендований для надпрецизійних верстатів.

Список літератури: 1. Бушуев В. В. Гидростатическая смазка в станках. - М.: Машиностроение, 1994. - 196 с. 2. Захаров П.О., Гордеев О.Ф., Ульянов Ю.В. Упорный гидростатичний підшипник. Патент України на винахід №15896А від 30.06.1997. Бюл. №3. 3. Гордеев А.Ф., Пузаков Ю.В. Гидростатические подшипники с внутренним дроселированием // Станки и инструмент. - №10. - 1983. - С. 15 –16.

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ
ПРОИЗВОДСТВА, ПРОГРЕССИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Горин А. Н., Волощенко А. В., Маликов Р. В.
(ЗАО «Укр НИИ БытМаш», г. Донецк, Украина)

In this article it was made an analysis of software products that allow to increase the quality and productivity of designer's work. The point of analysis were advantages and disadvantages of three most popular systems of parametrical solid 3D-modelling. On base of private experience it

was given some recommendations on choosing of optimal solution for automation of the developing process.

Современный уровень развития рыночных отношений на Украине выдвигает жесткие требования к предприятиям, выпускающим бытовую технику, в области качества, эргономики, внешнего вида и ассортимента продукции. Предприятие, претендующее на лидирующие позиции на рынке должно непрерывно совершенствовать свои изделия, регулярно выпускать новые модели, гибко реагировать на изменение конъюнктуры рынка. Выполнение этих задач невозможно без конструкторской проработки нескольких вариантов конструкции и внешнего вида как отдельных деталей, так и изделия в целом. Из практики конструкторской работы следует, что прорисовка всех вариантов исполнения – довольно трудоемкий процесс, занимающий много времени, особенно в случае подготовки чертежей «в карандаше», т. е. черчения вручную. Таким образом, при необходимости подготовки конструкторской документации в сжатые сроки конструктор не имеет возможности рассмотреть достаточное количество вариантов исполнения детали для выбора наилучшего, что приводит к внедрению в производство далеко не всегда конкурентоспособных изделий. Возникает дилемма: либо выпускать конструкторскую документацию в сжатые сроки, проработав один-два варианта, уповая на то, что новое изделие окажется не хуже, чем у конкурентов, но появится на рынке раньше или прорабатывать все варианты изготовления, затрачивая на конструкторскую подготовку в два-три раза больше времени, и получить качественное изделие, которое появится на рынке позже изделий конкурентов. Несомненно, опытный талантливый конструктор в какой-то мере может найти наилучшее решение для конкретной детали или даже изделия в целом, проработав один-два варианта, но надеяться, фактически, только на творческую удачу в условиях жесткой конкуренции на рынке недопустимо.

Единственным решением этого вопроса является автоматизация конструкторской подготовки производства, широкое применение при проектировании компьютерной техники.

Первой ступенью автоматизации конструкторской подготовки производства является переход «от карандаша к компьютеру». На первый взгляд такой переход не дает никаких преимуществ, но требует серьезных капитальных вложений, однако такая точка зрения в корне неверна, потому что деталь любой степени сложности, начерченная даже в самой простейшей конструкторской программе, может быть вставлена в сборочный чертеж узла практически за одну минуту. Ни один самый высококвалифицированный конструктор на кульмане не выполнит такую операцию за указанное время. Кроме того, при использовании конструкторских программ в несколько раз ускоряется проектирование сходных деталей, отличающихся друг от друга несколькими размерами или элементами. В таких случаях также используется чертеж исходной детали, который преобразуется в новый посредством встроенных в конструкторскую программу инструментов редактирования величин, элементов и изображений.

В настоящее время наибольшее распространение на предприятиях Украины получили конструкторские программы семейства CAD: AutoCAD (версии от 10-й до 2004), MegaCAD, Mechanical Desktop, Mechanical Desktop Power Pak, Autodesk Inventor и т. д. Все эти программы являются, в первом приближении, электронными кульманами, позволяющими выполнять любые чертежи, компоновочные эскизы и прорисовки с помощью инструментов, аналогичных обычным линейкам, циркулям, транспортирам, лекалам и т. д. Кроме того, в последних версиях этих программ реализована возможность построения трехмерных изображений, но об этом речь пойдет несколько позже. Преимущество перед кульманом достигается помимо ускорения самого процесса черчения еще и абсолютной точностью построений, исключающей ошибки построений с помощью карандаша. При использовании конструкторских программ со временем (около полугода) появляется задел чертежей основных деталей, применяемых в изделиях, выпускаемых предприятием, что позволяет использование элементов или целых деталей и сборочных единиц при проектировании новых изделий. Следовательно, у конструктора появляется дополнительное время на проработку конструкции отдельно взятой детали и изделия в целом. Помимо перечис-

ленных достоинств, при проектировании на компьютере существенно улучшается внешний вид выпускаемых чертежей благодаря четкому исполнению толщины линий, вида радиусов, стрелок, высоты выносных линий и т. д. (рис. 1) [1]. Таким образом налицо преимущества широкого применения компьютерной техники в конструкторской подготовке производства.

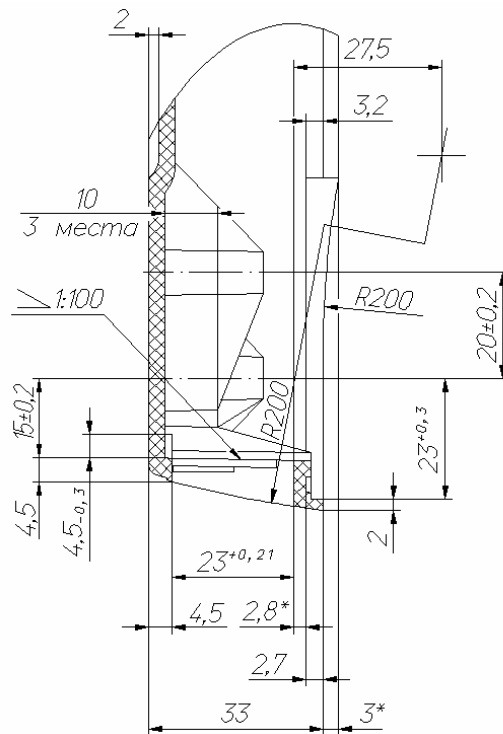


Рис. 1. Пример разреза детали, выполненный в программе AutoCAD R14

Недостатком проектирования на кульмане и в прикладных конструкторских программах типа AutoCAD является отсутствие ассоциированных связей в выпускаемом чертеже, т. е. виды, разрезы и сечения вполне могут быть изображены неверно вследствие невнимательности или же неопытности конструктора. Такие ошибки устраняются, как правило, на этапах технологического или нормативного контроля чертежа, но бывают случаи, особенно для деталей со сложной геометрией поверхности, когда ошибки в изображении детали на чертеже выявляются уже на этапе изготовления оснастки и исправления в чертеже могут привести даже к изменению технологического процесса изготовления, что влечет не только временные, но и материальные затраты. Исключить подобные ошибки на 100% при проектировании практически невозможно в связи с тем, что далеко не всякую поверхность (например, сопряжение нескольких радиусов, сходящихся в одной точке при пересечении нелинейных граней под произвольными углами) конструктор может абстрактно представить, а прорисовка такого элемента согласно всех правил начертательной геометрии в сечениях занимает слишком много времени. Решить подобную проблему обычно позволяет макетирование в пластмассе, металле, дереве, пластилине и т. д., но оно также занимает, в зависимости от сложности геометрии детали, определенное время, задерживая срок выдачи чертежа на подготовку производства. Однако в процессе макетирования также не исключены ошибки.

Конструкторские программы семейства CAD частично позволяют конструктору определиться с внешним видом детали, узла или целого изделия благодаря встроенным инструментам трехмерного проектирования, но возможности этих инструментов сильно ограничены и фактически пригодны лишь для построения моделей с простейшей геометрией. Кроме того, процесс трехмерного проектирования в том же AutoCAD достаточно

трудоемок и конструктор, в большинстве случаев, получает простейшую трехмерную модель, которую мог себе представить и без трехмерной графики.

Таким образом, для эффективной работы конструктору требуется не только система автоматического проектирования, позволяющая создать чертеж детали, узла или сборки с использованием ранее разработанных чертежей и ускоряющая процесс эскизного проекта, но и система, позволяющая создать трехмерную модель для оценки всех возможных нестыковок, а также внешнего вида изделия в целом. Это особенно важно для предприятий, выпускающих бытовую технику. Зачастую потребитель делает выбор в пользу той или иной модели товара основываясь лишь на внешнем виде. Дизайн-проект, выполненный на бумаге, далеко не всегда может дать полное представление о внешнем виде изделия, так как представляет лишь некоторые ракурсы. Наиболее оптимальным на сегодняшний день является использование при проектировании систем трехмерной твердотельной графики, позволяющих проектировать деталь сразу в объеме, отслеживая все поверхности, уклоны и т. д. К таким системам относятся Solid Works, T-Flex, КОМПАС-3D.

Система твердотельного параметрического моделирования SolidWorks разработана американской компанией SolidWorks Corporation. Эта система конструирования среднего класса, базирующаяся на параметрическом геометрическом ядре ParaSolid, создана специально для использования на персональных компьютерах под управлением операционных систем Windows 98/2000, Windows Me, Windows NT и Windows XP. SolidWorks дает каждому конструктору возможность использовать на своём рабочем месте последние достижения компьютерных технологий для разработки сложных деталей и сборок изделий машиностроения. При этом проектирование с помощью SolidWorks является для конструктора интуитивно простым и удобным, полностью соответствуя его привычным навыкам и методам работы. SolidWorks позволяет проектировать изделия практически любой геометрии, содержит высокоэффективные средства твердотельного моделирования, основанные на постепенном добавлении или вычитании базовых конструктивных тел. Эскиз для получения базового тела может быть построен на произвольной рабочей плоскости.

Инструменты для получения базовых тел позволяют выполнить:

- выдавливание контура с возможностью указания угла наклона образующей;
- вращение контура вокруг оси;
- создание твердого тела, ограничиваемого поверхностью перехода между заданными контурами;
- выдавливание контура вдоль заданной кривой;
- построение фасок и скруглений различного вида;
- построение уклонов;
- получение развертки тел равномерной толщины.

Основные методы создания твердого тела сочетают в себе также возможность комбинации всех перечисленных способов как при добавлении материала, так и при его снятии. Такой порядок работы позволяет создавать сложные твердотельные модели, состоящие из сотен конструктивных элементов (рис. 2).

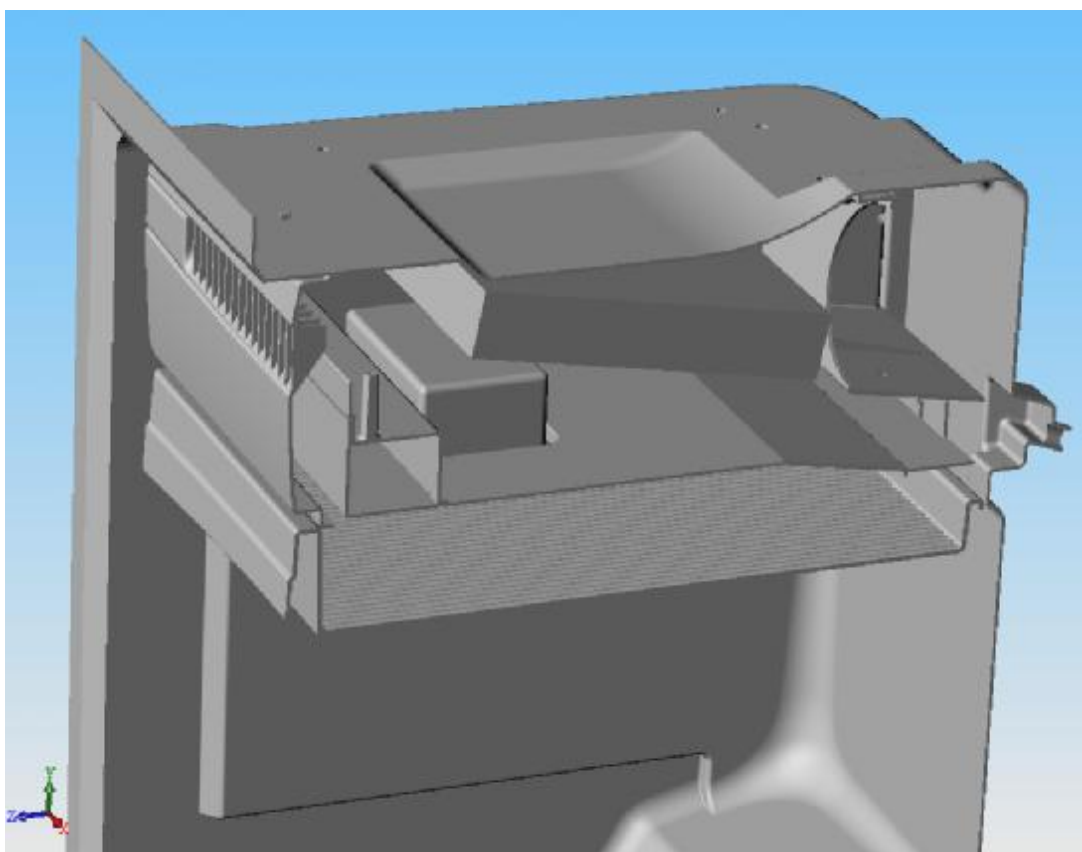


Рис. 2. Пример трехмерной сборки с вырезом, выполненной в программе SolidWorks-2004

Параметры всех созданных конструктивных элементов доступны для изменения, так что в любой момент работы можно изменить произвольный параметр эскиза или базового тела, а затем выполнить полную перестройку модели.

Кроме создания твердых тел, в SolidWorks существует возможность построения различных поверхностей, которые могут быть использованы как для вспомогательных построений, так и самостоятельно [2].

Мощные средства визуализации деталей и сборок позволяют работать с ними как в каркасном, так и тонированном представлении с возможностью динамического перемещения и вращения на экране компьютера. Также в программу заложены несколько вспомогательных модулей, предоставляющих конструктору дополнительные возможности.

Так, например, модуль SolidWorks Animator предназначен для быстрой и простой генерации AVI-файлов на основе конструкций SolidWorks для подготовки различных презентационных и обучающих материалов. Этот модуль облегчает демонстрацию идей заложенных в конструкцию, делает ее более наглядной и легкой для понимания остальными участниками проектирования. При этом пользователь просто задаёт параметры движения сборки (или детали), все остальное модуль Animator делает сам.

Модуль PhotoWorks предназначен для генерации презентационных изображений будущего изделия с фотографическим качеством. Он поддерживает наложение текстур из библиотек, управление источниками освещения сцены, прозрачностью, шероховатостью и отражающей способностью поверхностей. Возможен экспорт в TIFF, JPEG, BMP и другие форматы (рис. 3).



Рис. 3. Пример изображения с фотографическим качеством, выполненного с помощью модуля PhotoWorks

После создания твердотельной модели существует возможность автоматического получения рабочих чертежей детали или сборки с изображениями основных видов, проекций, простановкой основных размеров и обозначений. Для оформления в полном соответствии с ЕСКД рабочие чертежи передаются в чертёжно-графический редактор КОМПАС. Процесс построения чертежа упрощается за счет автоматического формирования сложных разрезов и выносок. Другим вариантом является передача видов, разрезов и сечений, аксонометрических проекций, выполненных в SolidWorks в любую программу двухмерной графики, например, в AutoCAD (рис. 4). В SolidWorks существуют и встроенные средства оформления чертежа с возможностью отслеживания ассоциативной связи между моделью и ее чертежом.

Почти такие же возможности для проектирования предоставляет конструктору система КОМПАС-3D. Построение трехмерной модели выполняется по такому же принципу, что и в SolidWorks. Преимуществом системы является полная поддержка ЕСКД, поскольку создана она российскими программистами на собственном графическом ядре. Недостатком же можно считать не всегда корректную работу со сложными поверхностями, например, при проектировании сложных деталей из пластмасс. Для предприятий, не планирующих выпуск изделий со сложной геометрией система КОМПАС представляется наиболее оптимальной, поскольку между созданием трехмерной модели и чертежом не требуется промежуточных операций. Также весомым аргументом может послужить наличие большого количества библиотек (трехмерных моделей, созданных разработчиками программы или пользователями) стандартных элементов, соответствующих российским и, частично, украинским стандартам [3].

Система твердотельного параметрического моделирования T-Flex сочетает в себе достоинства Solid Works и КОМПАС: использование графического ядра ParaSolid позволяет работать со сложными поверхностями, а создание оболочки российскими программистами

стами позволяет выполнять чертежи в соответствии с ЕСКД. Недостатком системы, на наш взгляд, является не совсем удобная работа с параметрически заданными величинами, требующая от конструктора определения этих величин еще до начала проектирования. Также следует отметить не ассоциативный интерфейс, существенно затрудняющий самостоятельное обучение работе в данной программе [4].

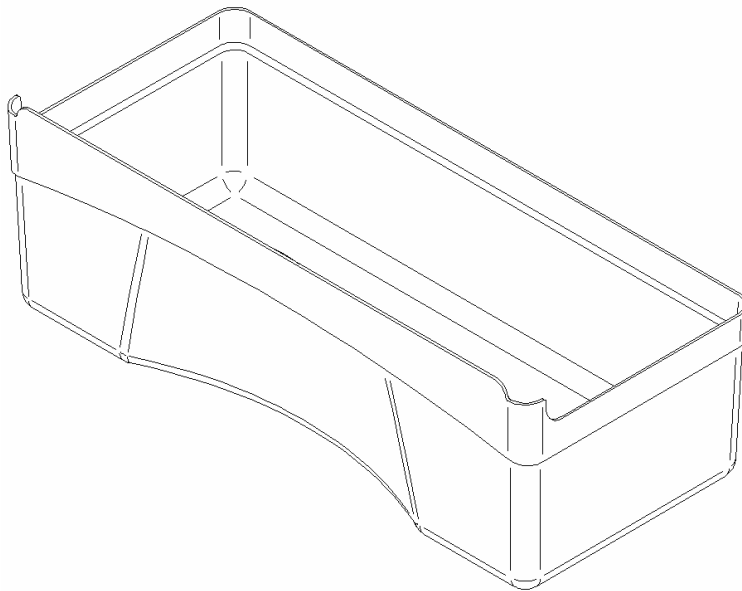


Рис. 4. Пример аксонометрической проекции, выполненной в программе Solid Works-2004 и отредактированной в AutoCAD R14

Некорректным будет умолчать о системах трехмерного твердотельного моделирования высшего класса (Solid Works, T-Flex и КОМПАС относятся к среднему классу) – Unigraphics, Euclid, ProEngineer и т. п. Эти системы являются мощнейшим на сегодняшний день инструментом проектирования, включающим в себя помимо графической программы практически все возможные инструменты расчетов, технологической подготовки производства и сопровождения изделия в процессе производства. Недостатком этих систем является высокая стоимость самого программного продукта, почти на порядок превышающая стоимость систем среднего уровня, исключительно высокие системные требования (для работы требуются мощные графические станции) и довольно длительная подготовка персонала.

Справедливости ради следует отметить, что последние версии программ трехмерного твердотельного моделирования среднего класса содержат некоторые инженерные расчетные приложения, позволяющие производить расчеты в автоматическом режиме (например, расчет деформации при приложении нагрузки, расчет пружин, шестерен, подшипников и валов), а также программы технологической подготовки производства и управления проектно-конструкторской и технологической документацией.

Таким образом, каждое предприятие может выбрать для себя оптимальное программное обеспечение, отвечающее конкретным условиям создания проектов и оперативно проводить конструкторскую подготовку производства для расширения модельного ряда продукции и выпуска новой продукции.

Список литературы: 1. Интерактивное руководство пользователя AutoCAD Release 14. 2. Интерактивное руководство пользователя Solid Works-2004. 3. Интерактивное руководство пользователя КОМПАС-3D V6 Plus. 4. Интерактивное руководство пользователя T-Flex

ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ПРОФИЛЯ ЗУБЬЕВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛЕСНО-РЕЕЧНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ

Горобец И.А., Бабенко М.О.

(ДонНТУ, КИИДонНТУ, Донецк, Красноармейск, Украина)

В настоящее время открытые зубчатые передачи, состоящие из зубчатого колеса и рейки, нашли широкое применение в механизмах современных машин. Такие зубчатые передачи используются в технике: во-первых, для реализации кинематических преобразований вращательного движения в прямолинейное поступательное (или наоборот); во-вторых, для передачи силовых параметров механизма, преобразуя, например, крутящий момент на валу зубчатого колеса в поступательное усилие перемещения механизма вдоль зубчатой рейки. Первые механизмы используются в качестве механизмов рулевого управления автомобильного транспорта, поворота башенных кранов и корабельных орудий, лебедок и поворотных приспособлений - кантователей. Вторые – в качестве движителей башенных кранов, горных комбайнов. Широкое применение в движителях с бесцепными системами передач (БСП) очистных комбайнов колесно-реечные механизмы получили благодаря ряду преимуществ перед другими типами движителей БСП: возможность получения высоких и стабильных силовых и кинематических характеристик движителя; надежность и экономичность в работе, удобство и безопасность эксплуатации и техобслуживания; простота конструкции и малые габариты приводного элемента; хорошая вписываемость в конструкции существующих очистных комбайнов [1,2]. В качестве взаимодействующих элементов колесно-реечных движителей используются пары эвольвентного профиля зуба колеса с прямобоковой рейкой [3], зубчатые пары циклоидального профиля зубьев, взаимодействующих с цилиндрическими пальцами рейки [1], пары специального профиля зубьев колеса и зубчатой рейки [4]. При использовании колесно-реечных механизмов интерес вызывают как кинематические характеристики зацепления, так и его силовые параметры, при исследовании которых необходимо учитывать ряд конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов.

Вопросам усовершенствования зубчатых зацеплений посвящены работы [5-7]. В работе [5] изложена обобщенная геометрическая теория проектирования зубчатых передач с улучшенными свойствами, но при этом автор ограничивается исследованиями в области передач зубьев с эвольвентным профилем. Работа [6] рассматривает проблемы точности изготовления зубчатых колес на различных этапах технологического процесса. В ней также затронут вопрос о влиянии погрешностей элементов зубчатых венцов на кинематическую точность, но лишь относительно передач Новикова с параллельными осями. В работе [7] изложены методы повышения работоспособности тяжело нагруженных зубчатых колес по различным эксплуатационным показателям, определяющим их надежность. Должное внимание уделено методике определения профильной модификации, повышению плавности работы передач за счет повышения точности изготовления, а также рассмотрено влияние основных технологических операций на формирование структуры и свойств поверхностного слоя. Вопросы влияния степени точности профиля зубьев элементов колесно-реечных движителей рейки на силовые и кинематические характеристики зацепления и КПД в работах не рассматривались.

Целью данной статьи является исследование процесса зацепления с учетом конструктивных и эксплуатационных факторов для определения влияния погрешностей геометрических параметров зубчатых элементов на силовые параметры и кинематические характеристики работы колесно-реечных движителей.

Рассмотрим взаимодействие зубьев рейки и приводного колеса на примере работы движителя очистного комбайна [8]. Профили взаимодействующих элементов образованы произвольными кривыми, описываемыми соответственно уравнениями вида $\Phi(x,y)$, $\theta(x,y)$, (рис.1). Взаимодействие зубчатых элементов возможно, когда координаты вершины рабочего профиля зубьев колеса превысят координаты вершины рабочего профиля зубьев рейки, т.е. выполняется условие:

где y_k – координата верхней точки рабочего профиля зуба колеса, $A_w, \Delta A_w$ – соответственно межцентровое расстояние между приводным колесом и рейкой и его изменение, H_B – высота головки зуба рейки.



268

тельно направления перемещения комбайна на угол трения β в сторону направления скольжения и определяется выражением [9]:

$$S_{Lk} = \left\{ (r_{i-1} - r_i)^2 + 2r_{i-1}r_i [1 - \cos(y_i - y_{i-1} - dg)] \right\}^{0.5} \text{sign}(r_{i-1} - r_i), \quad (1)$$

где r_{i-1} , r_i , Y_{i-1} , Y_i – полярные координаты точки контакта на профиле зубьев колеса при $i-1$ и i -м его повороте, dg – приращение угла поворота колеса.

КПД движителя определится зависимостью:

$$\eta_0 = \cos[\pi - \text{arctg}\{(\Phi'_x)_k / (\Phi'_y)_k\} + (\text{arctg} f_3) \text{sign} S_{Lk}] \sin \text{arctg}[(y_k)_k / (x_k)_k], \quad (2)$$

где $(x_k)_k$; $(y_k)_k$ – координаты точки контакта зубьев приводного колеса; f_3 – коэффициент трения в зубчатом зацеплении.

При этом кинематические параметры процесса зацепления – скорость перемещения V_k и скорость скольжения зубьев колеса V_s определяются [9]:

$$V_k = \omega [(x_k)^2_k + (y_k)^2_k]^{0.5} \sin \text{arctg}[(y_k)_k / (x_k)_k] \quad (3)$$

$$V_s = dS_{Lk} / dg \quad (4)$$

где ω – угловая скорость приводного колеса движителя БСП.

Силовые параметры процесса зацепления для тягового F и радиального R усилий – при произвольном профиле зубьев колесно-реечного движителя [9] с учетом их упругодеформированного состояния для i -й пары зубьев описываются выражениями:

$$F = Q \cos[\pi - \text{arctg}\{(\Phi'_x)_k / (\Phi'_y)_k\} + (\text{arctg} f_3) \text{sign} S_{Lk}] \quad (5)$$

$$F_i = [F - k_{3j} (E_{\Pi i} \cos(\pi - \text{arctg}\{(\Phi'_x)_{ki} / (\Phi'_y)_{ki}\} + (\text{arctg} f_3) \text{sign} S_{Lki}) \pm \pm E_{\Pi j} \cos(\pi - \text{arctg}\{(\Phi'_x)_{kj} / (\Phi'_y)_{kj}\} + (\text{arctg} f_3) \text{sign} S_{Lkj})] k_{3i} (k_{3i} + k_{3j}) \quad (6)$$

$$R_i = F_i \text{tg}[p - \text{arctg}\{(\Phi'_x)_{ki} / (\Phi'_y)_{ki}\} + (\text{arctg} f_3) \text{sign} S_{Lki}] \text{sign} S_{Lki} \quad (7)$$

$$i = \overline{1, 2}, \quad j = \overline{2, 1},$$

где E_{Π} – ошибка профиля зуба движителя, обусловленная технологией его изготовления либо износом в процессе эксплуатации; k_3 – коэффициент жесткости сопряжения пары колеса и рейки; $(\Phi'_x)_k$, $(\Phi'_y)_k$ – значения частных производных функции $\Phi(x, y)$ в точке контакта соответственно по переменным x и y .

Поскольку характеристики кинематического и силового взаимодействия зубьев колесно-реечного движителя зависят от профиля пар зацепления, то при изготовлении элементов колесно-реечного движителя возникают вопросы, связанные с необходимой и достаточной точностью их изготовления, позволяющие реализовать заданную кинематическую и силовую характеристики зацепления.

При исследовании точности изготовления профиля зубьев движителя необходимо кроме аспектов конструирования учитывать и эксплуатационные данные использования колесно-реечного преобразователя движений. Так исследованиями авторов был установлен случайный характер изменения шага зубьев рейки P_p , подчиняющегося нормальному закону распределения плотностей вероятности [8]. Хотя наиболее вероятным является величина P_p , равная его математическому ожиданию, однако при определении кинематиче-

ских и силовых параметров зацепления необходимо принимать и крайние значения P_p , имеющие место в реальных условиях работы движителя.

Мгновенная величина межцентрового расстояния A_w также не является постоянной величиной и может быть описана зависимостью.

$$A_w = A_{w_{ном}} + \Delta A_w + \left[\left(C_D^{-1} \sum_{i=1}^{i=m} R_i \right)^{1+\text{sign}\left(\sum_{i=1}^{i=m} R_i\right)} \right]^{0,5}, \quad (8)$$

где $A_{w_{ном}}$, ΔA_w – номинальное значение межцентрового расстояния движителя и его изменения; C_D – приведенный коэффициент жесткости элементов движителя и опорной системы комбайна; m – количество одновременно взаимодействующих зубьев движителя; R_i – радиальное усилие в зацеплении i -го зуба приводного колеса и рейки.

Погрешности взаимного расположения элементов колесно-реечного движителя, связанные с условиями эксплуатации машины, в ходе работы очистного комбайна непрерывно изменяются в пределах максимального интервала. Это и приводит к дополнительным изменениям кинематических и силовых характеристик зацепления колесно-реечного зацепления, накладывающих свой отпечаток на динамическую нагруженность машины в целом.

Таким образом, при исследовании параметрических уравнений (1-7) процесса зацепления движителя с учетом конструктивных факторов были выявлены зависимости кинематических характеристик от положения точки контакта; влияние геометрических параметров зацепления на КПД колесно-реечных движителей; зависимость величины силовых характеристик движителя от значения погрешности изготовления профиля зубьев E_{Π} . При реализации задачи проектирования движителей необходимо учитывать технологические и экономические аспекты изготовления элементов движителей – обеспечение изготовления колесно-реечного движителя с назначенной необходимой степенью точности и минимальной величиной трудоемкости. Решить эту задачу позволяет выбор рациональной точности изготовления профиля зубьев движителя с учетом специфики процесса зацепления, возможностей современного производства.

Список литературы: 1. Семенов Ю.Н., Лукиенко В.Г., Геллер Б.М. и др. Бесцепные системы подачи очистных комбайнов. – М.: Недра, 1988. – 152 с. 2. Лаптев А.Г. Направления технического перевооружения очистных и проходческих работ на шахтах Украины // Сучасні шляхи розвитку гірничого обладнання і технологій переробки мінеральної сировини: Тезиси докладов міжнародної конференції – Дніпропетровськ, 1997р. – с. 6-8. 3. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. М., «Наука», 1968. – 584с. 4. Лукиенко Л.В. Прогнозирование ресурса опорно-направляющего механизма очистного комбайна с зубчато-реечной системой подачи // «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» 1-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Материалы конференции. ТулГУ, Тула, 2003. Том 1. с 176 – 179. 5. Булгаков Э.Б. Зубчатые передачи с улучшенными свойствами. Обобщенная теория и проектирование. М.: Машиностроение, 1974. – 264с. 6. Якимов А.В., Смирнов Л.П., Бояршинов Ю.А. и др. Качество изготовления зубчатых колес. – М.: Машиностроение, 1979. – 191с. 7. Генкин М.Д. и др. Повышение надежности тяжело нагруженных зубчатых передач. – М.: Машиностроение, 1981. – 232с. 8. Горобец И.А. Результаты исследования параметров зацепления движителей БСП очистных комбайнов // Разработка месторождений полезных ископаемых: Респ. межвед. научн.-

техн. сб.,- 1991, вып. 88.- с. 31-36. 9. Горобец И.А., Новикова О.Н., Тихонович В.Ю. Оптимизация линии зацепления колесно-реечной передачи // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. науч. трудов – Донецк; ДонГТУ, 1998. Вып. 5.- с. 40-44.

ФОРМОИЗМЕНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ИЗНАШИВАНИЯ И РАСЧЕТ ИХ НА ИЗНОС

Гриб В.В. (МАДИ(ГТУ), г. Москва, Россия)

A general approach is considered to the description and calculation of the shape variation in friction units due to wear.

Введение. Под изнашиванием принято понимать процесс разрушения и отделения материала с поверхности детали или накопления его остаточной деформации при трении, проявляющийся в постепенном изменении ее размеров и формы. Износ деталей и узлов трения приводит к ухудшению функциональных показателей машины и, как следствие, регламентирует ее ресурс. В результате износа нарушается кинематическая точность механизмов, снижается производительность, уменьшается прочность деталей, увеличиваются расходы на ремонт, затраты энергии на производство единицы конечной продукции, появляются не предусмотренные расчетом дополнительные нагрузки, вибрация, шум. В зубчатых, кулачковых и других механизмах изменение формы деталей в результате изнашивания вызывает изменение основной целевой функции – передаточного отношения. Кроме изнашивания формоизменение может иметь место в результате упругих (обратимых), пластических (необратимых) и температурных деформаций. Эти виды формоизменения являются предметом других научных направлений и в этой статье не рассматриваются.

Математическая модель формоизменения деталей при изнашивании. В качестве допущений в расчетах принимается, что вид изнашивания трибосопряжения известен; для данного вида изнашивания известны износостойкие свойства сопряженных материалов, характеризующиеся зависимостями от характерных режимных параметров; влияние различных эксплуатационных факторов учитываются коэффициентами, определенными экспериментально или берутся из аналогичных примеров; контакт сопряженных деталей непрерывен (континуален); материалы сопряженных деталей сплошные, однородные и изотропные; отделяемые от поверхности деталей частицы износа имеют существенно меньшие размеры по сравнению с общим износом деталей; процесс отделения частиц непрерывен. Подобные допущения широко принимаются в машиностроении и при расчетах деталей на прочность. Принятые допущения характерны для наиболее часто встречающихся видов механических и коррозионно-механических видов изнашивания. Однако они не применимы для таких видов изнашивания, как усталостное (кавитация, питтинг), при фреттинг-коррозии, при заедании.

Рассматриваемый процесс может быть представлен в виде векторного поля пространства Ω изнашиваемого материала, в каждой точке которого может быть определена векторная величина – скорость изнашивания (рис.1) [1]:

$$g = dr/dt,$$

где r - радиус-вектор точки, t - время.

Вектор g направлен по нормали к поверхности трения в глубь материала, а его значение зависит от условий в данной точке (нагрузки, температуры, скорости, режима

трения) на поверхности трения и свойств материала. Любая, взятая на поверхности трения точка в процессе формоизменения детали будет совершать в поле износа движение вдоль векторной линии:

$$r(t_k) = r(t_0) + \int_{t_0}^{t_k} g(r, q) dt, \quad (1)$$

где t_0, t_k – время начала и конца движения, q – вектор, характеризующий режим работы.

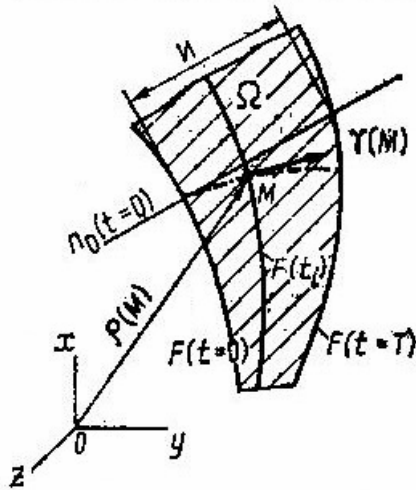


Рис.1. Векторное поле износа детали и траектория точки, двигающейся вдоль векторной линии (штрихпунктир)

Формоизменение детали описывается движением множества точек, лежащих на поверхности трения. Ресурс трибосопряжения (по критерию износа) определяется как вероятность невыхода вектора r за пределы области Ω работоспособности узла:

$$P(t) = P\{r(t) \in \Omega; t \in [t_0, t_k]\}.$$

Решение эволюционного уравнения (1) производится численными методами путем дискретизации трибосистемы во времени и пространстве [2,3]. Дискретизация поведения трибосистемы во времени сводится к рассмотрению последовательных состояний системы через произвольно задаваемый достаточно малый промежуток времени δt (шаг наработки). Скорость формоизменения системы на этом отрезке времени принимается зависящей от свойств материалов, режима работы и состояния в одной из крайних точек данного отрезка и неизменной на нем. Соответственно уравнение (1) преобразуется в разностное выражение:

$$r(t_{i+1}) = r(t_i) + g(t_i)dt,$$

и приводится к операторному виду:

$$r(t_{i+1}) = Ar(t_i),$$

Абсолютное значение вектора износа за шаг наработки определяется по формуле:

$$dr_I = I_I l_0 ndt$$

где I - интенсивность изнашивания материала, отношение износа к пути, пройденному точкой контакта, определяется экспериментальным путем на унифицированных машинах трения. Интенсивность изнашивания в каждой точке поверхности трения зависит от удельной нагрузки, температуры, режима работы. Как показывает практика, при граничной смазке влияние скорости скольжения на интенсивность изнашивания проявляется также только через температуру. Путь трения, пройденный точкой контакта, зависит от числа циклов взаимодействия деталей в единицу времени n и пути, пройденного за один цикл взаимодействия l_0 . Линеаризация оператора шагового перехода влечет за собой ошибку, которая в определенной мере преодолевается известным в численном анализе методом Рунге-Кутты.

Дискретизация трибосистемы в пространстве позволяет определять режим работы (температуру, нагрузку) в каждой точке поверхности в начале каждого шага наработки путем решения температурной задачи и напряженно-деформированного состояния численными методами.

Для оценки объемной величины изнашивания введем понятие плотности поля износа, под которым подразумевается интеграл по поверхности трения F от проекции вектора скорости изнашивания на нормаль к этой поверхности:

$$g_V = \int_F (g_{n_0}) dF.$$

Умножив это выражение на плотность материала, получим потерю массы детали в единицу времени.

Из понятия потока вектора поля износа следуют свойства этого поля: дивергенция и ротор. Дивергенция, расхождение или объемная плотность потока вектора скорости изнашивания, может быть применена для описания процесса макроприработки; понятие ротор - для описания изнашивания пространственных трибосопряжений (червячных и винтовых передач).

Рассмотренный векторный анализ формоизменения деталей трибосопряжений позволяет сформулировать требования к лабораторным испытаниям материалов на изнашивание в режиме граничной смазки, целью которых является получение физических закономерностей разрушения поверхностного слоя материалов при трении в зависимости от температуры и удельной нагрузки. Для того, чтобы полученная при этих испытаниях величина интенсивности изнашивания могла быть поставлена в соответствие заданному режиму испытаний, векторы износа во всех точках поверхностей трения должны быть равны и коллинеарны. К сожалению в природе не существует таких форм образцов, которые бы идеально удовлетворяли указанным условиям. Наиболее приемлемыми являются образцы с плоскими поверхностями, испытания которых реализуются в схемах цилиндр - цилиндр, трущихся торцами во вращательном движении, и брус - брус, трущихся в возвратно поступательном движении. Испытания по второй схеме, проведенные в большом количестве, позволили собрать исходный справочный материал по свойствам различных сочетаний конструкционных и смазочных материалов [4,5].

Расчет на износ трибосопряжений. Для разработки методов расчета трибосопряжений на износ целесообразно объединить их по геометрическому признаку в следующие группы:

- опоры скольжения с плоскими начальными поверхностями (направляющие станков, телескопов, кулисных механизмов и др.)
- опоры верчения (плоские и сферические подпятники, фрикционные диски, торцевые подвижные уплотнения)

- опори скольжения с цилиндрическими начальными поверхностями (подшипники скольжения, колодочные тормоза)
- сопряжения с высшими кинематическими парами (зубчатые передачи, кулачковые механизмы)
- опоры качения

Каждая из этих групп характерна кинематикой деталей в сопряжении, путями трения, пройденными точками контакта деталей, напряженным состоянием контакта. Эти факторы учитываются в расчетах на износ, изложенных в литературе [6,7].

Список литературы: 1. В.В.Гриб. Векторный анализ процесса изнашивания. - Трение и износ, 1983, том; №3, с.432-439. 2.Гриб В.В. Решение триботехнических задач численными методами. – М.:Наука,1982, 112 с. 3.Гриб В.В. Общий методологический подход к разработке математических моделей изнашивания сопряженных деталей машин. – Трение и износ,1987, том8, №6, с.996-1003. 4. Гриб В.В., Чупин Ю.Н. Характеристики процессов трения и изнашивания и их определение на лабораторных стендах. - М.:МИХМ, 1990, 32 с. 5. Вопросы обеспечения надежности технологических машин-автоматов./ Труды НИИТРАКТОРСЕЛЬХОЗМАШ, 1974, вып.6. 6. Проников А.С. Надежность машин.- М.:Машиностроение,1978. – 592 с. 7. Трение, износ, смазка (трибология и триботехника). Под ред. А.В.Чичинадзе. – М.:Машиностроение, 2003. – 576 с.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИПАДКОВОЇ УПАКОВКИ ЧАСТОК ПОЛІДИСПЕРСНОГО МАТЕРІАЛУ

Гуменюк Л.О., Лотиш В.В. (ЛДТУ, м. Луцьк, Україна)

Problem of making of filtering materials is elucidated in article. This filters got by free embankment of polydispersion powder – like materials of spherical form. The tool for the researching properties of polydimension materials is represented. This model allows to forecast filters porosity. The program also includes original method of computer analysis of it's image. Algorithmic and software of given methods allows without considerable expenditures to take a filters porosity analysis on different making stages.

На даному етапі розвитку наукової думки комп'ютерне моделювання є одним з ефективних методів наукового дослідження. Комп'ютер дав можливість точно, швидко проводити громіздкі обчислення; будувати наглядні структурні схеми; створювати аналітичні системи, що надають змогу зображати реальні властивості і сторони досліджуваних об'єктів; здійснювати математичні операції, що потребують великих затрат часу і так далі.

Однією з галузей науки, де комп'ютерне моделювання знайшло широке застосування є матеріалознавство. Важливим напрямком матеріалознавства є створення проникливих порошкових матеріалів, працездатність та область застосування яких визначається наявністю взаємозв'язаної структури пор. Моделювання структури дисперсних матеріалів дає можливість отримати додаткову інформацію про процеси, що відбувається при їх виготовленні і експлуатації і тим самим полегшити контроль і оптимізацію процесів їх виробництва.

Аналіз сучасного стану модельних досліджень в порошковій металургії вказує на чітку тенденцію в описові властивостей матеріалів і фізичних процесів у них на базі моделей випадкової упаковки часток. Наприклад дослідження процесів ущільнення порошків на різних стадіях пресування, моделювання морфологічних і фізико-механічних властиво-

стей спечених матеріалів, аналіз впливу зміни координаційного числа на процес ущільнення порошку при спіканні і пресуванні, дослідження морфологічних властивостей випадкових упаковок ідентичних часток методом твердих сфер.

У зв'язку з тим, що початковою стадією технології порошкової металургії є насипка – упаковка з досить низькою густиною, важливим є моделювання нещільної упаковки сферичних часток. Як варіант такої упаковки доцільно розглядати модель випадкової щільної упаковки полідисперсних сферичних часток. З використанням цих моделей стало можливим точне визначення та прогнозування пористості фільтрів, отриманих вільною насипкою полідисперсних матеріалів сферичної форми.

Перший шлях вивчення випадкової щільної упаковки полягає у створенні щільної упаковки твердих сфер у натурному експерименті. Другий шлях полягає у використанні різних методів статистичної фізики для моделювання системи твердих сфер. Третій шлях досліджень ґрунтується на інтуїтивних моделях випадкової щільної упаковки.

Одним з методів, що реалізовує третій шлях досліджень є визначення та прогнозування пористості фільтрів, отриманих вільною насипкою полідисперсних матеріалів сферичної форми на основі оптимізації фракційного складу.

Розроблено модель пакування полідисперсних часток [2], реалізація якої дає можливість визначення пористості плоских фільтрів, отриманих з полідисперсних металічних порошків сферичної форми методом вільної насипки. Запропонована модель має ряд обмежень, а саме: проведення імітаційних експериментів з бінарними, або трифракційними сумішами порошків, відсутність інструменту для аналізу реальних розмірів порошків та ін.

Авторами пропонується вдосконалена методика прогнозування пористості реальних фільтрів, отриманих насипкою полідисперсних матеріалів з довільним розмірним складом. В даній методиці визначення розподілу часток порошку за розміром проводиться по заданому зображенню часток розсипаного реального матеріалу.

Сформульоване вище можна розбити на два пункти.

1. Визначення складу реального порошку на основі його зображення (наприклад сканованої фотографії).

2. Імітування насипки порошку, характеристики якого будуть повністю співпадати з попередньо визначеними характеристиками реального порошку.

Для вирішенню цієї задачі розроблено програмний комплекс, який можна застосовувати для опису процесів, що відбуваються при пакуванні полідисперсних матеріалів.

Програмний комплекс складається з двох частин:

- визначення параметрів реального порошку шляхом введення, коректування і обробки зображення його частинок;

- моделювання вільної насипки полідисперсного матеріалу із визначеними попередньо параметрами і знаходження основних характеристик отриманих фільтрів.

Перша частина даного комплексу дозволяє визначати параметри полідисперсного матеріалу лише за його зображенням. Як показує практика при візуальному спостереженні похибка підрахунків об'єктів залежить від уваги дослідника і становить до 40%. Тому актуальним є використання автоматизованих систем, які дозволяють одночасно знаходити розподіл часток по розмірах і здійснювати візуальний контроль.

В описаному комплексі реалізовано програмний метод точного підрахунку розмірного складу порошку за його зображенням.

В якості вхідних даних можуть використовуватись фотографічні знімки, що відскановані і записані у BMP-форматі, чи зображення, отримані з відеокамери.

Головним завданням першого етапу програми є збір даних про матеріал, а саме визначення кількості часток, їх параметрів. Значимими характеристиками є мінімальний, максимальний діаметри, та їх відношення, що використовується при класифікації тіла як кулі чи еліпсоїда, а також середній діаметр в натуральних одиницях, що дозволяє визначити середній об'єм боксу, заповнений матеріалом і об'єм порожнин.

Програмна обробка зображення передбачає визначення меж тіла (частинок матеріалу) і фону. Звичайні зображення (так, як і фотографії матеріалів) є багатовідтінковими, що значно ускладнює визначення границь часток з точки зору автоматизації процесу дослідження. Тому першим етапом обробки вхідних даних є трансформація багатовідтінкового зображення у бінарне, тобто таке, що складається з точок двох кольорів, в даному випадку – з чорного і білого. Алгоритм обробки представлений в [1]. Межа відділення тіла і фона корегується.

Випадкові точки, які з'явилися внаслідок відбиття при фотографуванні, при неякісному скануванні і інших операціях додатково коректуються.

Для точного визначення чисельних значень параметрів досліджуваного матеріалу вводиться масштаб (відношення величини еталонного екземпляру кульки в умовних одиницях зображення (пікселях) до значення цього розміру у міліметрах).

Основною стадією при виконанні першого етапу є визначення параметрів кожної частки, що міститься на малюнку. Для цього застосований метод обходу контуру тіла. Для знайденої частки вираховуються мінімальний і максимальний діаметр, кут відхилення осі від горизонталі.

За визначеними характеристиками тіло класифікується як еліпсоїд чи куля залежно від відношення максимального і мінімального діаметрів (граничне відношення діаметрів корегується). Умовні розміри тіл перераховуються у міліметри згідно із заданим масштабом.

Результати обробки зображення можна побачити у вигляді таблиці, та у вигляді графіків розподілу часток: для кульок – кількість часток від діаметра, для еліпсоїдів – кількість тіл залежно від відношення мінімального і максимального діаметрів.

В другій частині програмного комплексу реалізовано модель пакування полідисперсних часток. За основу роботи служила імітаційна модель, приведена у [2], [3]. У цій моделі параметром регулювання пористості служить індивідуальна характеристика частки – кут зчеплення часток – кут між вертикаллю і прямою, що з'єднує центри часток. При моделюванні конкретного матеріалу розглядаються топологічні характеристики часток, які впливають на фактор форми.

Для наближення модельних значень до реальних імітується засипка часток, розподіл за розмірами яких повністю співпадає з попередньо визначеним. Задля точної відповідності моделі засипці реального порошку процес імітується з використанням генерування випадкових чисел по довільно заданому закону. Генератор дає змогу відтворити процес засипки полідисперсного матеріалу, характеристики якого (розподіл за розмірами) повністю співпадають із заданими.

Генерування випадкових величин здійснюється за методом Ханіна С.Г. [4]. Цей метод дозволяє моделювати послідовність незалежних реалізацій невід'ємних випадкових величин за деякою незалежною вихідною виборкою за допомогою інтерполяційних сплайнів. При цьому функція розподілу отриманої виборки близька до функції розподілу вхідної. Об'єм вихідної виборки корегується. Вхідна виборка може вводиться з попереднього блоку програмного комплексу, тобто із сканованого зображення, по-елементно, за розподілом елементів, графічно.

Отриману імітаційну модель можна використовувати для дослідження структур, отриманих вільною насипкою у бункер полідисперсних часток.

За попередньо визначеними результатами розраховуються основні параметри фільтрів, отриманих вільною насипкою полідисперсного матеріалу.

Як показав огляд літератури, у ряді моделей пористість вважають важливим фактором в пластичній деформації. Більшість моделей оперують усередненим поняттям пористості, хоча деякі з них враховують фактор неоднорідності. Дуже важливо також мати дані про координаційне число в дисперсній системі, тобто про кількість контактів часток. Цей параметр дозволяє оцінити якість структури дисперсних матеріалів і служить опорною точкою при побудові апроксимаційних залежностей фізичних характеристик від пористості. Описаний програмний комплекс визначає пористість і координаційне число плоских фільтрів.

Накопичення результатів комп'ютерного моделювання та отриманих залежностей зміни пористості від фракційного складу необхідне для створення фільтрів з заданою проникливістю. Викладений метод дозволяє прогнозувати формування фільтрів вільною насипкою з полідисперсних матеріалів з достатньою високою точністю, достовірністю та доступністю інформації для широкого кола спеціалістів.

Список літератури: 1. Гуменюк Л. О., Лотыш В.В. К использованию адаптивных методов бинарной сегментации изображений для изучения пористости дисперсных материалов // Физика и техника высоких давлений. – 1999. – Т.9. – №2. – С. 39-40. 2. Лотыш В. В., Гуменюк Л.О. Экспрес-метод визначення рівномірності розподілу пор у структурно-неоднорідних виробках // Наукові нотатки. Випуск 5. – Луцьк. – 1999. – С. 129-133. 3. Гуменюк Л. О., Лотыш В.В., Сколосдра Ю. Вивчення залежності координаційного числа від пористості методами комп'ютерного моделювання // Матеріали 4-го Міжнародного симпозіуму українських інженерів-механіків у Львові. – Львів. – 1999. – С. 121. 4. Михедов И. В., Ханин С. Г. Моделирование случайных величин по исходной выборке с помощью интерполяционных сплайнов. // Аналитические методы в вероятностных задачах.– АН УССР, 1988. С. 91-95.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАШИН

Гусев А.П., Куць Н.Г. (Луцкий ГТУ, г.Луцк, Украина)

The variants of the effectiveness increase of the machine repair production were examined. The system of the organization of the repair structure on the base of the modular approach was proposed. The advantages of the modular organization of the machine repair were produced.

Современное производство характеризуется выпуском машин постоянно усложняющейся конструкции. Использование машин сложной конструкции, как правило, вызывает необходимость создавать специальное оборудование для технического обслуживания (ТО) и ремонта машин (РМ). Как известно, все виды оборудования подразделяют на технологические и вспомогательные. В работе профессора Волчкевича В.И. [1] под техническим оборудованием следует понимать некоторую совокупность машин. Анализ конструкции машин по функциональному назначению показывает, что на ряду с техническим оборудованием в промышленности, сельском хозяйстве, строительстве, транспорте и других отраслях

используется оборудование обеспечивающее выполнение операций ТО и РМ. Такое оборудование условимся называть гаражным (ГО).

ГО в отличии от технологического оборудования наряду с выполнением технологических операций по ТО и РМ в большинстве случаев выполняет функции по обеспечению условий выполнения технологических операций ТО и РМ. Первой особенностью эксплуатации ГО является цикличная работа. Непрерывная работа такого оборудования в течении рабочего времени невозможна по ряду причин, изложенных в работе [2]. Второй особенностью эксплуатации ГО (ремонтного оборудования) является низкий коэффициент загрузки. В это же время на большинстве ремонтных предприятий, таких как авторемонтные заводы (АРЗ), авторемонтные предприятия (АТП), ремонтные цехи (РЦ) заводов, ангары и гаражи несут существенные потери от отсутствия полного комплекта ремонтного оборудования. В самом общем случае под ГО следует понимать нестандартное изделие, которое предназначено для обеспечения или выполнения отдельных частей технологического процесса, ремонта и технического обслуживания машин.

С учетом, выше названных, особенностей эксплуатации ГО, основным направлением повышения эффективности использования гаражного оборудования, на наш взгляд, является его проектирование по модульному принципу. При этом, модульный принцип проектирования ГО как и все системы ремонтного производства должен выполняться на этапе технологической подготовки ТО и РМ.

Повышение эффективности ремонтного производства может быть осуществлено только на основе системного комплексного подхода к решению всех задач организации и технической подготовки выполнения работ по ТО и РМ. Единой системой технологической подготовки производства (ЕСТПП) предусмотрено проведение работ как для основного, так и вспомогательного производства [3]. ГОСТ 14.002-73 «Основные требования к технологической подготовке производства» предусматривает решение четырех основных задач. Анализ этих задач показывает, что для ремонтного производства структурно-функциональный состав в корне отличается от задач ЕСТПП основного производства. Так, например, по первой функции («Обеспечение технологичности конструкции изделия», которая предусматривает разделы:

- 1.1. Технологический контроль конструкторской документации;
- 1.2. Оценка уровня технологичности конструкции изделия;
- 1.3. Обработка конструкции изделия на технологичность;
- 1.4. Внесение необходимых изменений в конструкцию изделия и документацию [3]

) в ремонтном производстве названные функции выполнять необходимости нет.

Машины, которые подлежат ТО и ремонту этот этап прошли. В системе технологической подготовки ремонта и ТО машин первой задачей должно быть выявление состояния машин, т.е. дефектация функциональных параметров машины с целью их сопоставления с параметрами, предусмотренными конструктором. На первом этапе комплексной системы (КС) технологической подготовки (ТП) выполнения работ по ТО и РМ формируется перечень объектов воздействия (ОВ) и объем технологических операций по ТО и РМ. Под ОВ условимся понимать машины, механизмы, сборочные единицы, агрегаты, детали и др. Первый этап КС ТО и РМ можно представить в виде схемы (рис.1)

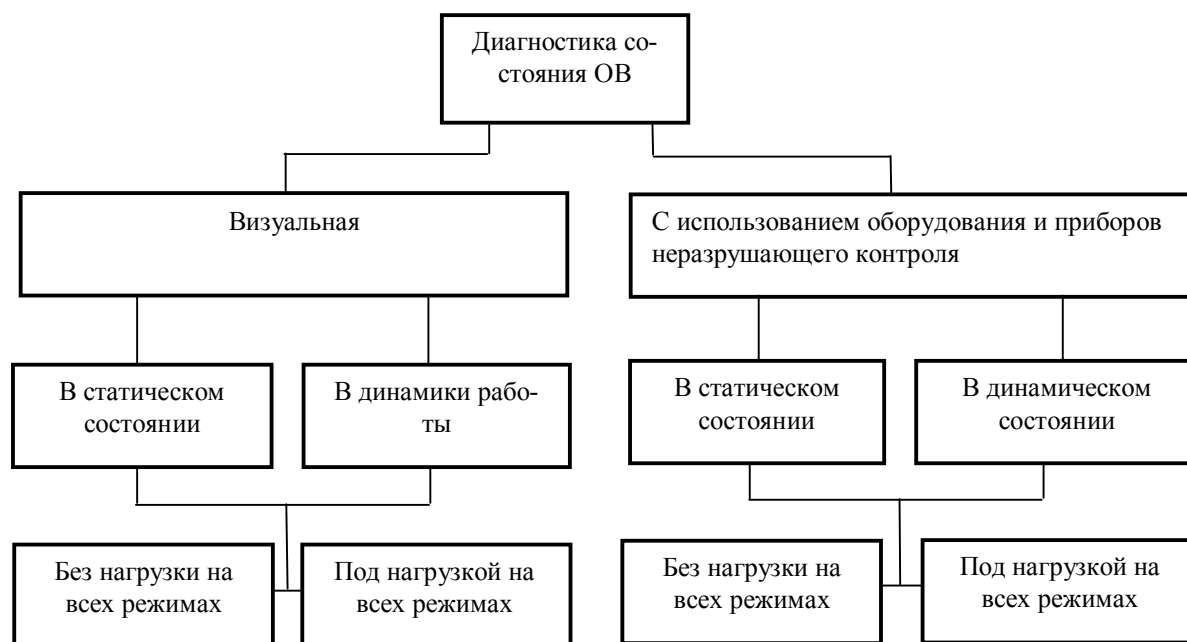


Рис.1. Схема диагностики состояния машин на этапе технологической подготовки до ТО и РМ

По второй функции ЕСТПП («Разработка технологических процессов»:

- 2.1. Разработка, стандартизация и применение типовых технологических процессов, технологических процессов с использованием методов групповой обработки;
- 2.2. Разработка и внедрение рабочих технологических процессов на детали и сборочные единицы;
- 2.3. Организация заводских фондов документации на типовые технологические процессы с методами групповой обработки и технологические операции.) выполнение пунктов 2.1, 2.2, 2.3, в условиях ремонтного производства, необходима существенная доработка. Такая доработка должна базироваться на модульном проектировании технологических процессов ТО и РМ. Модульный уровень проектирования технологических процессов ТО и РМ должен охватывать подефектные и маршрутные технологические процессы ремонта и технического обслуживания машин.

Основной отличительной особенностью разработки технологических процессов ремонтного производства является создание на модульном принципе технологических процессов не сборки, а разборки машин, после выполнения технологических процессов очистки и мойки ОВ.

Анализ функций ЕСТПП «Проектирование и изготовление средств технологического оснащения» и «Организации и управления процессом ТПП» для их использования в ремонтном производстве требует коренной переработки, а с учетом использования в ремонтном производстве высокоэффективных модульных технологий в машиностроении [4] представляется необходимым разработать комплексную систему технологической подготовки проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту машин.

В самом общем случае комплексную систему технологической подготовки ремонтного производства можно представить в виде схемы (рис.2.)

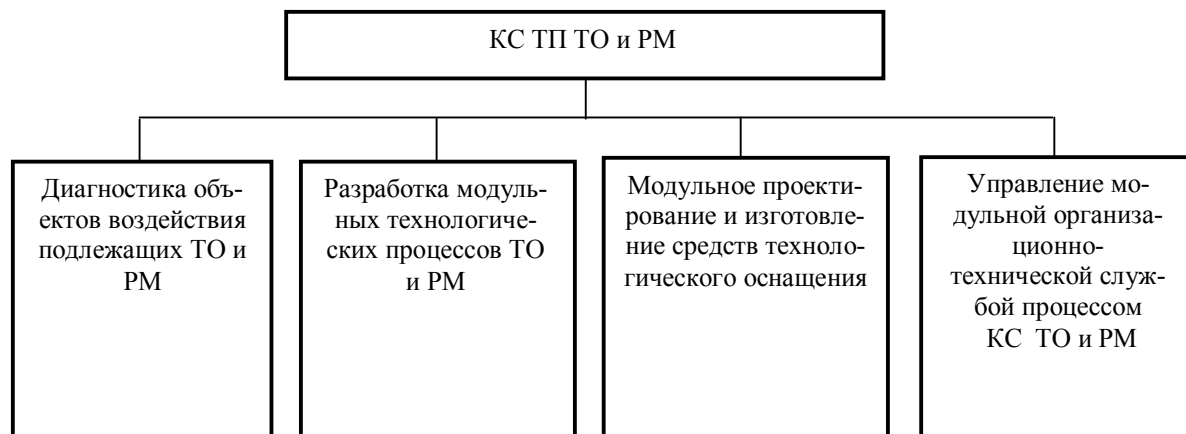


Рис.2. Схема комплексной системы технологической подготовки выполнения технологических операций технического обслуживания и ремонта машин.

Краткий анализ функциональных задач системы ЕСТПП и возможность проведения технологической подготовки ТО и РМ по единой системе ТП производства для ремонтного обслуживающих работ показывает на необходимость :

- разработать теоретические основы технологической подготовки проведения работ по ТО и РМ;
- внести коррективы в ЕСТПП (вспомогательное производство) с учетом использования модульных технологий в машиностроении.

Корректировка задач технологической подготовки производства с учетом особенности выполнения технологических операций технического обслуживания и ремонта машин позволит снизить себестоимость ремонтных работ и повысить коэффициент использования технологических машин.

Список литературы: 1. L. Wolczkowicz. Projektowanie optymalnych struktur konfiguracji wariantow urzaden montazowych/ TECHNIKA I TECHNOLOGIA MONTAZU MASZYN – TTMM’04. Cedzyna k/Kjelc 2004. 2. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств: Учебник: В 3 кн. – К.: Вища школа, 1991. – кн.2. Организация, планирование и управление/ В.Е. Канарчук, А.А. Лудченко, И.П. Курников, И.А. Луйк. – 406 с.: ил. 3. Михалев С.Б., Мирзоев С.М. Автоматизация технологической подготовки производства. – Мн.: Выш.школа, 1982. – 238 с. 4. Базров В.М. Модульная технология в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2001. – 368 с.: ил.

ОПТИМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ НЕОДНОРОДНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ УПРУГИХ ВОЛН

Гусев Е.Л. (ОИФТПС СО РАН, г. Якутск, Россия)

The problem of optimal synthesis of layered heterogeneous composite structures at the action of elastic waves is studied. Necessary conditions of optimality are presented. Qualitative regularities of the structure of optimal constructions are established, which allow to perform a priori narrowing of an admissible set of materials.

В связи с широким внедрением в современную технику слоистых композиционных материалов представляет значительный интерес как в теоретическом так и в прикладном аспектах исследование возможности эффективного управления энергетическими ха-

характеристиками волновых процессов на основе направленного выбора геометрической и физической структуры композиционных систем [1, 2]. Исследуется случай, когда в состав композиционной структуры могут входить системы упругих слоев. Возможность возникновения в системе упругих слоев волн двух типов, как продольных, так и поперечных, а также взаимного преобразования мод на границах раздела приводит к гораздо более сложной интерференционной картине по сравнению со случаем, когда в композиционной конструкции могут существовать только волны одного типа. Значительное усложнение явления интерференции обусловлено прежде всего возможностью взаимного преобразования двух типов волновых движений на границах раздела. Наличие границы раздела оказывает решающее влияние на распространение упругих волн. Ей принадлежит решающая роль в формировании структуры волнового поля. При определенных условиях имеет место либо полное сохранение типа движения, либо полное превращение мод, либо появление поверхностных волн.

Пусть между двумя полупространствами заключен набор плоских слоев с различными физическими свойствами. Тогда энергетические характеристики волны при прохождении через данную структуру будут в значительной мере зависеть от геометрических и физических характеристик слоистой системы. Значительная зависимость обусловлена явлением многолучевой интерференции преломленных и отраженных волн при прохождении через неоднородную среду. Варьируемыми параметрами служат переменные, описывающие структуру конструкции: физические свойства материалов слоев, толщины слоев, число слоев, а также порядок взаимного расположения слоев с различными физическими свойствами в конструкции.

Пусть заданы требуемые характеристики упругой волны на выходе из композиционной системы, т.е. задан критерий качества. Например, критерий качества может выражать требование сохранить тип движения, либо преобразовать один тип движения в другой для заданного спектрального интервала, либо погасить энергию упругой волны в достаточно широком спектральном диапазоне, либо преобразовать падающую волну в поверхностную. Необходимо так подобрать структуру композиционной конструкции при которой характеристики волнового процесса на выходе из конструкции будут наиболее близки к требуемым. Рассматриваемая задача относится к числу обратных задач математической физики [3].

Будем рассматривать падение немонахроматической упругой волны на многослойную систему, состоящую из N плоскопараллельных слоев. Внешнюю поверхность конструкции считаем совмещенной с плоскостью xO . Пусть J_0 угол падения упругой волны. Плоскость падения упругой волны совпадает с плоскостью xO . Для каждого $s(s=1,...,N)$ имеют место соотношения Снеллиуса [4]:

$$\begin{aligned} k_s \sin J_s &= g_s \sin j_s = k_0 \sin J_0 = \Delta_0, \\ s &= 1, \dots, N. \end{aligned} \quad (1)$$

J_s - угол, составляемый нормалью к фронту продольной волны с осью z , j_s - угол, составляемый нормалью к фронту поперечной волны с осью z в s -ой среде; k_s - волновое число продольной волны в s -ом слое, g_s - волновое число поперечной волны в s -ом слое.

Будем рассматривать случай жесткого сцепления слоев, когда на границе раздела s -го и $(s-1)$ -го слоев должны быть непрерывны нормальные и тангенциальные составляющие перемещений, а также нормальные и тангенциальные напряжения:

$$u_x^s \Big|_{z=b_{s-1}} = u_x^{s-1} \Big|_{z=b_{s-1}}, u_z^s \Big|_{z=b_{s-1}} = u_z^{s-1} \Big|_{z=b_{s-1}}, \quad (2)$$

$$s_{zz}^s \Big|_{z=b_{s-1}} = s_{zz}^{s-1} \Big|_{z=b_{s-1}}, s_{zx}^s \Big|_{z=b_{s-1}} = s_{zx}^{s-1} \Big|_{z=b_{s-1}}. \quad (3)$$

Здесь b_s ($s=1, \dots, N-1$) -координаты границ раздела слоев с различными физическими свойствами. Система условий (2) характеризует отсутствие разрывов при переходе от слоя к слою, а (3) налагается третьим законом Ньютона.

Тогда распространение упругих волн в слоистой композиционной структуре может быть описано следующей краевой задачей для системы дифференциальных уравнений в частных производных:

$$\begin{aligned} \frac{\partial v_x}{\partial z} &= i\Delta_0 v_z - \frac{i\omega}{r(z)d^2(z)} s_{zx}, \\ \frac{\partial v_z}{\partial z} &= -i\Delta_0 \left(1 - 2 \frac{d^2(z)}{c^2(z)} \right) v_x - \frac{i\omega}{r(z)c^2(z)} s_{zz}, \\ \frac{\partial s_{zz}}{\partial z} &= -i\omega r(z) v_z - i\Delta_0 s_{zx}, \\ \frac{\partial s_{zx}}{\partial z} &= -i\omega r(z) \left[1 - \frac{4d^2(z)\Delta_0^2}{\omega^2} \left(1 - \frac{d^2(z)}{c^2(z)} \right) \right] v_x - i\Delta_0 \left(1 - 2 \frac{d^2(z)}{c^2(z)} \right) s_{zz}, \end{aligned} \quad (4)$$

$$0 \leq z \leq l,$$

$$s_{zz} \Big|_{z=0} = \frac{r_0 c_0}{\cos J_0} v_z \Big|_{z=0} + 2, s_{zx} \Big|_{z=0} = 0,$$

$$s_{zz} \Big|_{z=l} = -\frac{r_{N+1} c_{N+1}}{\cos J_{N+1}} v_z \Big|_{z=l}, s_{zx} \Big|_{z=l} = 0,$$

в этих обозначениях: ω - частота, $r(z) = r_s, c(z) = c_s, d(z) = d_s, b_{s-1} \leq z \leq b_s, s=1, \dots, N, c_s, d_s$ - скорости распространения продольных и сдвиговых волн в s -ом слое.

В качестве критерия оптимизации в исследуемой вариационной постановке рассматривается мера близости энергетического коэффициента пропускания упругой волны $T(\omega)$ к требуемой зависимости $\tilde{T}(\omega)$ в заданном диапазоне частот $[\omega_{\min}, \omega_{\max}]$:

$$J = \int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} [T(\omega) - \tilde{T}(\omega)]^2 d\omega \Rightarrow \min \quad (5)$$

В вариационной постановке задача оптимального синтеза структуры композиционной конструкции с требуемым комплексом свойств заключается в минимизации критерия (5) на решениях системы (4).

Сформулируем для задачи оптимального синтеза (4), (5) в вариационной постановке принцип максимума Л.С.Понтрягина [5]. Будем рассматривать случай, когда в распоряжении имеется дискретный набор материалов, которые могут быть использованы при проектировании конструкции. На дискретном наборе материалов физические свойства материалов не являются независимыми друг от друга, а будут связаны между собой некоторыми функциональными зависимостями. Выберем в качестве независимого физического параметра материала плотность ρ . Тогда остальные физические параметры

материала (скорости распространения продольных и поперечных волн в материале) будут являться некоторыми функциями от ρ : $c=c(\rho)$, $d=d(\rho)$. Множество плотностей материалов допустимого набора обозначим через Λ .

Для общего случая негармонического воздействия функция Гамильтона представима в виде:

$$H(*; r)|_z = \sum_{m=1}^6 l_m(r) A_m(z), \quad (6)$$

$$b_{s-1} \leq z \leq b_s, s = 1, \dots, N, r \in \Lambda.$$

В этих обозначениях функции $l_m(r)$ ($m = 1, \dots, 6$) имеют вид:

$$l_1(r) = \frac{1}{rc^2(r)}, l_2(r) = \frac{1}{rd^2(r)}, l_3(r) = 1 - 2\frac{d^2(r)}{c^2(r)}, l_4(r) = r, \quad (7)$$

$$l_5(r) = rd^2(r) \left(1 - \frac{d^2(r)}{c^2(r)} \right), l_6(r) = 1.$$

$$A_m(z) = \int_{w_{\min}}^{w_{\max}} a_m(z, w) dw, (m = 1, \dots, 6), 0 \leq z \leq l. \quad (8)$$

Функции $a_m(z, w)$, ($m = 1, \dots, 6$) выражаются через решения исходной (4) и сопряженной к ней краевых задач.

Пусть $r^*(z), c^*(z), d^*(z)$ ($0 \leq z \leq l$) оптимальное распределение физических свойств по толщине неоднородной конструкции. Тогда выполнено условие:

$$H(*; r^*(z))|_z = \max_{r \in \Lambda} H(*; r)|_z, \quad (9)$$

$$0 \leq z \leq l.$$

(Пропущенные аргументы у функции Гамильтона подсчитываются на оптимальном решении).

Необходимые условия оптимальности, связанные с нелокальными вариациями управляющих параметров (9), могут быть применены для построения методов последовательных приближений, позволяющих находить решения, удовлетворяющие необходимым условиям оптимальности. Тем не менее, получаемые решения, удовлетворяющие необходимым условиям оптимальности (9), носят локальный характер вследствие существенной многоэкстремальности исследуемых волновых задач оптимального синтеза. Поэтому непосредственное применение вычислительных процедур оптимизации на основе принципа максимума Л.С. Понтрягина еще не позволяет оценить насколько существенно построенные локально-оптимальные решения отличаются от решений, реализующих предельные возможности.

Существенно повысить эффективность методов последовательных приближений, основанных на необходимых условиях оптимальности (9), позволяет априорное сужение множества допустимых вариантов на основе качественного анализа структурных особенностей уравнений, описывающих распространение волн в слоисто-неоднородных композиционных структурах. Исследованы условия достижения функцией Гамильтона (6) своих экстремальных значений для априорного сужения множества материалов допустимого набора. Конструктивный анализ условий достижения функцией Гамильтона (6) своих

экстремальных значений позволил построить аналитические соотношения, которым удовлетворяют материалы допустимого набора, входящие в состав оптимальной конструкции.

Построенные аналитические соотношения позволяют осуществлять эффективное априорное сужение множества материалов допустимого набора, а следовательно повысить эффективность методов поиска оптимальных решений и расширить пределы применимости различных подходов. При этом открываются возможности направленного поиска физических свойств материалов, включение которых в конструкцию приводит к наибольшему эффекту.

Список литературы: 1. Гусев Е.Л. Качественные закономерности взаимосвязи параметров в оптимальных структурах в задачах оптимального синтеза неоднородных структур из дискретного набора материалов при волновых воздействиях // Доклады РАН, 1996, т.346, № 3, с. 324-326. 2. Гусев Е.Л. Качественные закономерности структуры оптимальных решений в задачах оптимального синтеза многослойных конструкций при воздействии упругих волн // Доклады РАН, 1998, т. 368, № 1, с.53-56. 3. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.:Наука, 1986. -286 с. 4. Бреховских Л.М., Гончаров В.В. Введение в механику сплошных сред (В приложении к теории волн), М.:Наука, 1982.-336 с. 5. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. М.:Наука, 1983.- 392 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Абдулбасет О.А. ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРИВОЛИНЕЙНОГО КАНАЛА С ВЫСТУПАМИ.....	6
Авдейчик О.В., Костюкович Г.А., Кравченко В.И., Струк В.А. КИНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	9
Авдейчик О.В., Кравченко В.И., Костюкович Г.А., Струк В.А. ПОНЯТИЙНЫЙ АППАРАТ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	18
Ажажа В.М., Свердлов В.Я., Ладыгин А.Н., Саенко С.Ю., Холмогоров Г.А., Рудычева Т.Ю., Богуслаев А.В., Клочихин В.В., Лысенко Н.А. ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ, ПРОШЕДШИХ БАРОТЕРМИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ.....	25
Акимов Е.В., Акимов Д.А., Карпов Э.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В СТРАТЕГИЧЕСКОМ МЕНЕДЖМЕНТЕ.....	32
Акимов Е.В., Акимов Д.А., Карпов Э.А. ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ БОЛЬШИХ СИСТЕМ В ЭКОНОМИКЕ.....	34
Алексеев П.В., Поникаров И.И., Филимонов А.Н., Алексеев В.В. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕВОГО ПЫЛЕГАЗОРАЗДЕЛИТЕЛЯ.....	36
Андреев А.А., Авдеева Я.Л. ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА ЯХТАХ И МАЛОМЕРНЫХ СУДАХ.....	40
Астраханцев А.Г., Прейс В.В. ГРАВИТАЦИОННЫЕ ОРИЕНТАТОРЫ ДЛЯ ОРИЕНТИРОВАНИЯ РАВНОРАЗМЕРНЫХ ПРЕДМЕТОВ ОБРАБОТКИ ФОРМЫ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ.....	48
Аубакирова О.С., Мухамедеева Р.М., Наргузина Х.Р., Яровая Е.А., Исмагулов Е.Ю. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ.....	52
Ахремчик О. Л. СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ МАШИН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	55
Базров Б.М. ОПИСАНИЕ ДЕТАЛИ КАК ОБЪЕКТА ПРОИЗВОДСТВА.....	59
Бакулин В. Н., Инфлянский В.В. СХОДИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК С ПОМОЩЬЮ ПЛАСТИНЧАТЫХ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	63

Балунов А.И., Чупрасов Д.И. КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДДЕРЖКА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУК- ЦИИ.....	67
Баркалов А.А., Бабаков Р.М., Ковалев С.А., Ахмад Фуад, Хамада Бадер МЕТОД КОДИРОВАНИЯ НАБОРОВ ФРАГМЕНТА ПЕРЕМЕННЫХ В ЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЕ АВТОМАТА МУРА.....	71
Баркалов А.А., Вишневский Р., Ковалев С.А., Ефименко К.Н. ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛА LUT- ЭЛЕМЕНТОВ В УСТРОЙСТВЕ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ	75
Бахадиров Г.А. ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ УСТРОЙСТВ И МЕХАНИЗМОВ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОДАЧИ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	80
Бахадиров Г.А., Баклушин М.Б., Ризаев А.А., Таран Т.Е., Махмудов К.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДНОГО УЧАСТКА ЗОНЫ КОНТАКТА ВАЛКОВОЙ ПАРЫ	84
Безак-Мазур Э. , Шендрик Т.Г. МЕТОДЫ РЕГЕНЕРАЦИИ СОРБЕНТОВ ИЗ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ.....	91
Безъязычный В.Ф., Надеждин И.В. ДИНАМИКА БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ МАНИПУЛЯТОРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ.....	95
Беленький А.В., Кожанов В.А., Карпачев В.М., Сапрыкин А.А. ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА СЕРЕБРА СрКМ 925-0,2.....	101
Белый А.В., Кукареко В.А., Колесникова А.А., Биленко Э.Г. ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ХРОМИСТЫХ СТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИОННО-ЛУЧЕВОГО АЗОТИРОВАНИЯ.....	105
Белоцерковский М.А., Патеюк А.П. ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОТВЕРДЫХ СЛОЕВ НА ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЯХ ОБРАБОТКОЙ ИНТЕНСИВНЫМИ ПУЧКАМИ ИОНОВ АЗОТА.....	109
Беляевский М.Ю., Веселов Д.И., Волчек А.М., Гончаров Д.В., Беляевский Д.М. ПУТИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКООКТАНОВЫХ БЕНЗИНОВ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРИСАДОК.....	113
Богук Е.А., Крикливенко В.И. ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАНОВОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ КРУПНОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В РАМКАХ	

ЕДИНОЙ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ.....114

Божидарнік В.В., Гусєв А.П.
МОДУЛЬНА СТРУКТУРА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ВИКОНАННЯ РОБІТ ПО ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННЮ ТА РЕМОНТУ
МАШИН.....118

Божидарнік В.В., Максимович О.В.
ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ АНІЗОТРОПНИХ ПЛАСТИНОК
ІЗ ЖОРСТКИМИ ВКЛЮЧЕННЯМИ ДОВІЛЬНОЇ ФОР-
МИ.....123

Болдарь Л.Н.
СОВМЕСТНАЯ ДОВОДКА ДЕТАЛЕЙ ПРИ СБОРКЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ИЗ УЗЛОВ...129

Борисенко В.П., Григор'єв С.В., Овсянніков В.П., Головін О.В.
РЕАЛІЗАЦІЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ДЛЯ
БАГАТОПОМПУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ДПВЗ.....134

Борисенко В.П., Григор'єв С.В., Овсянніков В.П., Головін О.В.
СТАБІЛІЗАЦІЯ ТИСКУ В ДИКТУЮЧІЙ ТОЧЦІ ПІСЛЯ ВИНИКНЕННЯ
ГІДРОУДАРУ ЗАСОБАМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ136

Борисенко В.Ф.; Терёхина Н.А.
АНАЛИЗ ПРИЧИН НЕСТАБИЛЬНОЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
МЕХАНИЗМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ КРАНА (В УСЛОВИЯХ МАРТЕНОВСКОГО
ЦЕХА ЗАО "ДОНЕЦКСТАЛЬ").....144

Бостан И., Дулгеру В., Трифан Н.
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В
КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПРЕЦЕССИОННЫХ ПЕРЕДАЧ147

Бостан И., Дулгеру В., Трифан Н.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПРЕЦЕССИОННОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ НА ОТКЛОНЕНИЕ НЕМОДИФИЦИРОВАН-
НОГО ПРОФИЛЯ ЗУБЬЕВ.....151

Бостан И.А., Мазуру С.Г., Переу Е. К.
ПОВЫШЕНИЕ НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКОЙ.....156

Бредихин В.Н., Кожанов В.А., Беленький А.В., Кушнерова Е.Ю.
УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ СЕРЕБРЯННЫХ СПЛАВОВ НА
УСТАНОВКЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ.....160

Бредихин В.Н., Кушнерова Е.Ю., Кушнеров В.Ю.
К ВОПРОСУ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СЛИТКА НА
УСТАНОВКАХ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ.....166

Будченко Н.С.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПАРОМАСЛЯНОЙ РЫБООБЖАРОЧНОЙ ПЕЧИ.....	172
Буренкова Н.В. ОБЩИЙ ПОДХОД В ОБУЧЕНИИ РЕШЕНИЮ ТЕКСТОВЫХ ЗАДАЧ В НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ОБУЧЕНИЯ.....	179
Буря А.И., Арламова Н.Т., Ткаченко Э.В., Оприц З.Г. ИЗУЧЕНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОРГАНОПЛАСТИКОВ НА ОСНОВЕ ФЕНИЛОНА, АРМИРОВАННЫХ АРИМИДОМ.....	183
Бутенко В.И. ОТДЕЛОЧНО-УПРОЧНЯЮЩАЯ ОБРАБОТКА ЛИТЫХ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ БРОНЗЫ.....	187
Валюлис А. В., Гинявичюс Р., Подвезько В. ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ЛИТВЕ ПРИ ПРЕТВОРЕНИИ В ЖИЗНЬ БОЛОНСКОЙ ДЕКЛАРАЦИИ.....	191
Вірич С.О. МОДЕЛЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ РОЗПОДІЛЬНИКА ГВИНТОВОГО СЕПАРАТОРА.....	195
Возный А.М. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДИМЫМИ РЕСУРСАМИ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	198
Волков Р.В., Иванов Д.Ю. ВОЗМОЖНОСТЬ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ КОРПУСА СУДНА НА СОСТОЯ- НИЕ ВАЛОПРОВОДОВ.....	205
Волочко А.Т., Ласковнев А.П., Макарова Ж.Е. ПОЛУЧЕНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ В ТВЕРДО-ЖИДКОМ СОСТОЯ- НИИ.....	211
Волошин А.И., Плескач Б.В. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ ТЕРМИЧЕСКИХ ПЕЧАХ.....	212
Волчкевич Л. И. К ПРОБЛЕМЕ ВОСПОЛНЕНИЯ НАУЧНО-ИНЖЕНЕРНОЙ ЭЛИТЫ РОССИИ.....	217
Воскобойникова Н.П., Клягин Г.С. ОБ ИННОВАЦИОННОМ АСПЕКТЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ.....	219
Гаврюков А.В. РОТОРНЫЙ ЭКСКАВАТОР ПОПЕРЕЧНОГО КОПАНИЯ С ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СТРЕЛОЙ.....	223

Галимов Э.Р., Галимова Н.Я., Надриев Р.Э., Багаутдинова А.А., Аблясова А.Г., Юнусова Л.Г. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ДИСПЕРСНО-НАПОЛНЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА.....	229
Гамидов Ф.Дж., Абдуллаев Г.С., Ибрагимов С.Б. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ С ЛОГИЧЕСКИМИ ПЕРЕМЕННЫМИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ГАП БУРИЛЬНЫХ ТРУБ	231
Гафанович Г.Я., Сидоренко Г.С., Костриков А.Л., Попова Е.Г. СОСТОЯНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ УК- РАИНЫ.....	234
Головин Д.Л., Комаров Ю.Ю., Зыонг Куок Зунг ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЛОЖ- НОГО ИЗДЕЛИЯ В УСЛОВИЯХ CALS/ИПИ ТЕХНОЛОГИЙ.....	237
Голубов Н.В., Горобец И.А., Чучин А.М. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ САПР ТП.....	241
Гордеев О.Ф., Захаров П.О., Полинкевич Р.М. СИЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГІДРОСТАТИЧНОЇ ОПОРИ З ВНУТРІШНІМ ЦІЛИННИМ РЕГУЛЯТОРОМ.....	245
Горин А. Н., Волощенко А. В., Маликов Р. В. АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА, ПРО- ГРЕССИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.....	252
Горобец И.А., Бабенко М.О. ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ПРОФИЛЯ ЗУБЬЕВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛЕС- НО-РЕЕЧНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ.....	258
Гриб В.В. ФОРМОИЗМЕНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ИЗНАШИВА- НИЯ И РАСЧЕТ ИХ НА ИЗНОС.....	262
Гуменюк Л.О., Лотиш В.В. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИПАДКОВОЇ УПАКОВКИ ЧАСТОК ПОЛІДИСПЕРСНОГО МАТЕРІАЛУ.....	265
Гусев А.П., Куць Н.Г. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБ- СЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАШИН.....	268
Гусев Е.Л. ОПТИМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ НЕОДНОРОДНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ УПРУГИХ ВОЛН	271

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Абдулбасет О.А., 6
Абдуллаев Г.С., 231
Аблясова А.Г., 229
Авдеева Я.Л., 40
Авдейчик О.В., 9, 18
Ажажа В.М., 25
Акимов Д.А., 32, 34
Акимова Е.В., 32, 34
Алексеев В.В., 36
Алексеев П.В., 36
Андреев А.А., 40
Арламова Н.Т., 183
Астраханцев А.Г., 48
Аубакирова О.С., 52
Ахмад Фуад 71
Ахремчик О. Л., 55

Б

Бабаков Р.М., 71
Бабенко М.О., 258
Багаутдинова А.А., 229
Базров Б.М., 59
Баклушин М.Б., 84
Бакулин В. Н., 63
Балунов А.И., 67
Баркалов А.А., 71, 75
Бахадиров Г.А. 80, 84
Безак-Мазур Э. , 91
Безъязычный В.Ф., 95
Беленький А.В., 101, 160
Белый А.В., 105
Белоцерковский М.А., 109
Беляевский Д.М., 113
Беляевский М.Ю., 113
Биленко Э.Г., 105
Богук Е.А., 114
Богуслаев А.В., 25
Боднарюк И., 149
Божидарнік В.В., 118, 123
Болдарь Л.Н., 129
Борисенко В.П., 134, 136
Борисенко В.Ф., 144
Бостан И., 147, 151, 156
Бредихин В.Н., 160, 166
Будченко Н.С., 172
Буренкова Н.В., 179
Буря А.И., 183
Бутенко В.И., 187

В

Валюлис А. В., 191
Вірич С.О., 195
Веселов Д.И., 113
Вишневский Р., 75
Возный А.М., 198
Волков Р.В., 205
Волочко А.Т., 211
Волошин А.И., 212
Волощенко А. В., 252
Волчек А.М., 113
Волчкевич Л. И., 217
Воскобойникова Н.П., 219

Г

Гаврюков А.В., 223

Галимов Э.Р., 229
Галимова Н.Я. , 229
Гамидов Ф.Дж., 231
Гафанович Г.Я., 234
Гинявичюс Р., 191
Головин Д.Л., 237
Головин О.В., 134, 136
Голубов Н.В., 241
Гончаров Д.В., 113
Гордеев О.Ф., 245
Горин А. Н., 252
Городец И.А., 241, 258
Гриб В.В., 262
Григор'єв С.В., 134, 136
Гуменюк Л.О., 265
Гусев А.П., 118, 268
Гусев Е.Л., 271

Д

Дулгеру В., 147, 151

Е

Ефименко К.Н., 75

Ж

З

Захаров П.О., 245
Зыонг Куок Зунг 237

И

Ибрагимов С.Б., 231
Иванов Д.Ю., 205
Инфлянскас В.В., 63
Исмагулов Е.Ю., 52

К

Карпачев В.М., 101
Карпов Э.А., 32, 34
Клочихин В.В., 25
Клягин Г.С., 219
Ковалев С.А., 71, 75
Кожанов В.А., 101, 160
Колесникова А.А., 105
Комаров Ю.Ю., 237
Костриков А.Л., 234
Костюкович Г.А., 9, 18
Кравченко В.И., 9, 18
Крикливенко В.И., 114
Кукареко В.А., 105
Куць Н.Г., 268
Кушнеров В.Ю., 166
Кушнерова Е.Ю., 160, 166

Л

Ладыгин А.Н., 25
Ласковнев А.П., 211
Лотиш В.В., 265
Лысенко Н.А., 25

М

Мазуру С.Г., 156
Макарова Ж.Е., 211
Максимович О.В., 123
Маликов Р. В., 252
Махмудов К.А., 84
Мухамадеева Р.М., 52

Н

Надеждин И.В., 95
Надриев Р.Э., 229
Наргузина Х.Р., 52

О

Овсянников В.П., 134, 136
Оприц З.Г., 183

П

Патеюк А.П., 109
Переу Е. К., 156
Плескач Б.В., 212
Подвезько В., 191
Полинкевич Р.М., 245
Поникаров И.И., 36
Попова Е.Г., 234

Прейс В.В., 48

Р

Ризаев А.А., 84
Рудычева Т.Ю., 25

С

Саенко С.Ю., 25
Сапрыкин А.А., 101
Свердлов В.Я., 25
Сидоренко Г.С., 234
Струк В.А., 9, 18

Т

Таран Т.Е., 84
Терёхина Н.А., 144
Ткаченко Э.В., 183
Трифан Н., 147, 151

У

Ф

Филимонов А.Н., 36

Х

Хамада Бадер, 71
Холомеев Г.А., 25

Ц

Ч

Чучин А.М., 241
Чупрасов Д.И., 67

Ш

Шендрик Т.Г., 91

Э

Ю

Юнусова Л.Г., 229

Я

Яровая Е.А., 52

Компьютерная верстка – Пелих А.В.