

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

M 34

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

# МАТЕРІАЛИ

НАУКОВО - ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
ВИКЛАДАЧІВ, СПІВРОБІТНИКІВ,  
АСПРАНТІВ І СТУДЕНТІВ  
ІНЖЕНЕРНОГО ФАКУЛЬТЕТУ

428895

428895-1

Сумський державний  
університет  
БІБЛІОТЕКА

Україна  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БІБЛІОТЕКА  
Читальний зал № 4

Суми Вид-во СумДУ 2006

УДК 061.001.891

**Матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів інженерного факультету. - Суми: Вид-во СумДУ, 2006.-Вип. 8. - 217 с.**

У збірнику в скороченому вигляді подані матеріали доповідей науково-технічної конференції інженерного факультету СумДУ 9 секцій. Збірник може бути корисним аспірантам і студентам вузів, а також інженерам галузей загального та хімічного машинобудування.

Редакційна колегія: к.т.н., доц А.О. Євтушенко (відп. редактор);  
к.т.н., доц. В.Г. Євтухов (заст. відп. редактора).

Члени редколегії: д.т.н., проф А.П. Врагов;  
к.х.н., доц. С.Ю. Лебедев;  
д.т.н., проф. Л.Д. Пляцук;  
к.т.н., доц. С.В. Щвець;  
к.т.н., проф. В.І. Сігова;  
д.т.н., проф. А.М. Павлюченко.

© Вид-во Сумського державного університету, 2006



**ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ  
ХІМІЧНИХ ТА НАФТОПЕРЕРОБНИХ  
ВИРОБНИЦТВ**

# ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МАЛОГАБАРИТНОГО ГРАНУЛЯЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ВИХРОВОГО ТИПУ В СУЧАСНІЙ ХІМІЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

*А.Є.Артюхов, В.І.Склабінський*

Проблема модернізації існуючого грануляційного обладнання і переходу до нових технологічних схем виробництва гранульованих продуктів на етапі розвитку технологій збереження матеріальних та енергетичних ресурсів є надзвичайно актуальною і потребує якнайшвидшого вирішення.

Технологічна схема виробництва повинна відповідати наступним вимогам: зведення до мінімуму втрат ресурсів в процесі роботи, можливість їх вторинного використання; зменшення забруднення навколишнього середовища відходами виробництва; використання енергозберігаючих технологій. При цьому гранульований продукт повинен відповідати вимогам діючих стандартів, задовольняти високі потреби замовника. Та все ж головним залишається питання економічного ефекту від упровадження вихрових грануляторів у масове виробництво, адже технічно можна виготовити апарат будь-якої складності, питання в тому, наскільки він ефективніший з погляду співвідношення "якість продукції" - "ціна продукції".

В лабораторних умовах кафедри «Процеси та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв» Сумського державного університету продовжується серія експериментальних випробувань розробленого малогабаритного грануляційного обладнання вихрового типу зі змінним перетином робочої зони. Запропоновано новий різновид вихрового гранулятора псевдозрідженого шару з вібраційним розпилом розплаву.

Розпил рідкого матеріалу зазначеним способом дозволяє запобігти утворенню гранул з формою, відмінною від сферичної, значно зменшує вплив зустрічного вихрового вісесиметричного потоку теплоносія на процес формоутворення частки, яка витікає з розпилювача, знижує вірогідність забруднення розпилювача і частоту його очищення в 3-5 разів, зменшує кількість зіткнень окремих крапель розплаву в 2-3 рази, повністю виключає фактор впливу на розпил нерівномірність надходження до розпилювача рідкого матеріалу. Однорідність структури крапель, що формуються зі струменю рідкого матеріалу, та рівномірність розпилу досягається також за рахунок вирівнювання полів швидкості витікання розплаву з отворів перфорованої поверхні сферичного днища розпилювача.

Розробка нових способів гранулювання та пристроїв для апаратурного оформлення цього процесу – перспективний напрям розвитку хімічної промисловості. Запропонована проблематика знаходиться на етапі становлення і вимагає досить детального вивчення у світлі перспектив заміни великогабаритного обладнання баштового типу.



# АБСОРБЦИОННАЯ ОСУШКА И ОЧИСТКА ПРИРОДНОГО ГАЗА ГЛИКОЛЯМИ

*Д.Ю.Вакал, А.П.Врагов*

Добываемые под повышенным давлением и при пониженных температурах природные и попутные газы нефтедобычи содержат капельную и парообразную влагу, которая вызывает образование гидратов – затвердевших углеводородных компонентов газовой смеси с включением в них молекул воды. Осаждаясь в виде льда на стенках трубопроводов и аппаратов, гидраты сужают их внутреннее сечение, уменьшают пропускную способность трубопроводов и часто приводят к полному их закупориванию. Присутствие в углеводородных газах кислых компонентов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и др.) приводит к сильной коррозии трубопроводов и аппаратов. Обычно содержание паров воды,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  в очищенном природном газе регламентируется.

С целью борьбы с гидратообразованием и для очистки газов от кислых примесей на ГПЗ эксплуатируют абсорбционные установки, в которых осушают и очищают газ, используя абсорбенты и вещества (ингибиторы), понижающие температуру гидратообразования.

Осушка газа гликолями основана на разности парциальных давлений водяных паров в газе и в абсорбенте. Количество влаги, которое можно извлечь из газа с помощью абсорбента, определяется гигроскопическими свойствами осушителя, температурой и давлением, эффективностью контакта газа и абсорбента, а также зависит от его свойств и объемного расхода циркулирующего в системе абсорбента.

Абсорбционную осушку и очистку сырого газа ведут, используя влаго- и газопоглощающие жидкости, в основном – гликоли, преимущественно диэтиленгликоль (ДЭГ) и триэтиленгликоль (ТЭГ), которые способны поглощать влагу до 40 г/л, а также кислые газы до 99% от их первоначального содержания.

Известные способы осушки и очистки газа предусматривают подачу абсорбента в абсорбер, массообменное взаимодействие абсорбента с осушаемым газом и очистку в многофункциональном аппарате. Абсорбционные установки отличаются тем, что в них осуществляют непрерывный подвод абсорбента и отвод на регенерацию насыщенного влагой или продуктами окисления абсорбента в регенератор, а также рециркуляцию регенерированного абсорбента. Абсорбцию проводят в абсорберах поверхностного типа или используют смешение абсорбента и газа с одновременным охлаждением и сепарацией капель влаги.

Процесс осушки газа абсорбционным способом рассчитывают либо графоаналитическим методом с использованием графиков для определения равновесного влагосодержания углеводородных газов, либо на основе уравнения Кремсера для расчета числа контактных тарелок.

Применение ТЭГ для осушки и очистки газа в промышленности не получило большого распространения из-за его дороговизны, использование ТЭГ оправдано при больших объемах перерабатываемого газа.



# ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ В ДВУХСЕКЦИОННОМ КЛАССИФИЦИРУЮЩЕМ КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ

*А.П. Врагов, Я.И. Голубков*

Основными оптимальными показателями работы кристаллизационного оборудования являются интенсивность, обеспечивающая максимальную производительность единицы рабочего объема аппарата, сравнительно небольшие удельные затраты энергии на единицу массы готовой продукции, стабильные качества получаемого кристаллического продукта (крупность кристаллов, однородность грансостава, химическая чистота и др).

В мировой практике в производстве минеральных удобрений получили широкое распространение классифицирующие кристаллизаторы, в которых получают до 25 т/ч продукта с размером зерен 2,5 – 3,0 мм. Улучшение качества кристаллов достигается в двухсекционном кристаллизаторе, в котором доращивание мелких кристаллов осуществляется в верхней секции цилиндрикоконического кристаллорастителя, при этом организована дополнительная подпитка верхней секции пересыщенным раствором.

Для расширения диапазона размеров витающих кристаллов в пределах  $6 < d_{\max}/d_{\min} < 9$ , следовательно, и для уменьшения уноса мелких кристаллов в циркуляционный цикл, используется классифицирующий кристаллизатор цилиндрикоконического типа. В нижней секции кристаллорастителя меньшего диаметра организуется выращивание кристаллов производственного размера и производится их гидравлическая классификация, а в верхней секции большего диаметра доращиваются мелкие кристаллы, перетекающие затем в нижнюю секцию.

Критерием оптимальности в процессе кристаллизации является максимальная эффективность массопереноса во взвешенном слое отдельных монофракций кристаллов, достаточно высокая степень пересыщения раствора, влияющие как на скорость роста зерен по высоте аппарата, так и на объемный расход циркулирующего раствора. В свою очередь, локальная скорость раствора и порозность взвешенного слоя зависят от размеров витающих частиц и угла раскрытия конуса верхней секции аппарата.

Интенсификация процесса кристаллизации достигается созданием оптимальной порозности взвешенного для каждой монофракции зерен, а также отделением мелких кристаллов и их доращиванием в верхней секции за счет дополнительной подачи в неё части пересыщенного раствора. Оптимальная рабочая скорость раствора в поперечном сечении аппарата обеспечивает рост кристаллов и их гидравлическую классификацию по размерам, а также оптимальное время пребывания кристаллов в кристаллорастителе, зависящее от скорости движения фаз.

Таким образом, двухсекционный классифицирующий кристаллизатор цилиндрикоконического типа позволяет оптимизировать параметры процесса получения крупнокристаллических продуктов однородного грансостава.



# ОТБЕНЗИНИВАНИЕ ПОПУТНЫХ НЕФТЯНЫХ ГАЗОВ МЕТОДАМИ МАСЛЯНОЙ АБСОРБЦИИ

*А.П. Врагов, В.П. Ясырев*

Одной из основных проблем при добыче нефти является переработка попутных газов с целью извлечения ценных компонентов, их разделение для использования в народном хозяйстве. В настоящее время существуют ряд методов переработки попутных газов, таких как низкотемпературная сепарация и абсорбция, мембранные методы, а также масляная абсорбция.

Установки масляной абсорбции работают следующим образом.

Попутный газ, пройдя сепараторы и холодильники, поступает в абсорбер, в котором происходит поглощение широкой фракции лёгких углеводородов (ШФЛУ) при взаимодействии компонентов газовой смеси с абсорбентом — маслом, содержащим преимущественно тяжёлые углеводородные фракции. Насыщенный абсорбент поступает в отпарную секцию колонны, где происходит выделение поглощенных углеводородных фракций, а затем в верхней десорбционной части колонны происходит окончательная отпарка поглощённых углеводородов.

Главными задачами при проектировании установки масляной абсорбции (МАУ) является повышение коэффициента извлечения компонентов (КИК) ШФЛУ. Обычно КИК зависит от технологических параметров процесса (состава исходного газа, его температуры и давления, состава и удельного расхода абсорбента). Кроме того, на КИК оказывает влияние конструкция контактных устройств и их число.

Технологические параметры, такие как давление и температура, находятся в определённой зависимости к коэффициенту извлечения. При повышении давления увеличивается коэффициент извлечения, но в тоже время это требует установки дополнительных компрессорных мощностей. Обычно в МАУ используют давление 1,3–4 МПа. При понижении температуры коэффициент извлечения повышается, что требует применение охлаждения. При выборе абсорбента эффективным является тот, который по природе близок к составу разделяемого газа, обычно применяют абсорбенты метанового ряда с молярной массой 150–180.

В проведенной научно-исследовательской работе были предложены некоторые оптимизационные методы расчёта абсорбционно-отпарной колонны (АОК) с клапанными тарелками и разработана программа расчёта АОК на ПЭВМ. С помощью программы был выполнен счётный эксперимент и получены зависимости расчёта коэффициента извлечения компонентов  $C_3$ – $C_5$  от технологических параметров. Это позволяет спроектировать АОК с оптимальными технологическими параметрами.



# ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА АБСОРБЦИОННЫХ КОЛОНН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАЗБАВЛЕННОЙ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ

*А.А.Дзекунова, Я.Э.Михайловский*

Азотная кислота является одним из важнейших продуктов химической промышленности и применяется для получения азотных удобрений ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  и др.), красителей (нитропроизводные бензола, нафталина, антрацена и др.), взрывчатых веществ (тротил, мелинит, гексоген, ксилит, тетрил, тэн, нитроглицерин, пикриловая кислота и др.) и для других промышленных целей (получение технических нитратов, ракетная техника, фармацевтическая промышленность, цветная металлургия и т. д.).

Основным современным методом получения азотной кислоты является контактное окисление аммиака. Этот метод состоит из двух основных стадий: окисление аммиака до окиси азота ( $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ ) в контактном или конверсионном отделении; переработка окиси азота в азотную кислоту в поглотительном отделении. Последняя стадия включает окисление окиси азота до высших окислов азота ( $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ ) и последующее поглощение их водой ( $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ ). В зависимости от давления, под которым проводят процесс конверсии аммиака и процесс абсорбции окислов азота водой, установки для производства разбавленной азотной кислоты делятся на 3 основные группы: 1) установки, работающие под атмосферным давлением; 2) установки, работающие под повышенным давлением; 3) комбинированные установки, когда давление конверсии аммиака ниже, чем давление в системе абсорбции окислов азота. Расчет оптимального давления для каждой стадии производства является одной из наиболее сложных задач, возникающих при разработке аппаратуры установки производства азотной кислоты.

Учет кинетики хемосорбционных процессов, а также необходимость отвода тепла, выделяющегося при протекании вышеприведенных реакций, заставляет при расчете абсорбционных колонн для получения разбавленной азотной кислоты использовать метод "от тарелки к тарелке". Общий порядок расчета следующий: 1) расчет материальных потоков установки; 2) расчет материальных потоков контактного аппарата; 3) расчет состава газа и его температуры при окислении NO; 4) расчет процессов поглощения оксидов азота и испарения паров воды на тарелке; при этом концентрация кислоты на первой (нижней) тарелке задается; 5) конструктивный и гидравлический расчет тарелки; 6) расчет теплового баланса тарелки; 7) расчет поверхности теплопередачи змеевика на тарелке; 8) расчет концентрации кислоты на вышележащей тарелке; 9) полученные при расчете данные используются в качестве исходных величин для расчета следующей тарелки; 10) расчет прекращается при достижении на одной из тарелок концентрации кислоты равной нулю или при достижении заданной степени абсорбции.

Применение ЭВМ позволяет выполнить экономическую оптимизацию процесса, найти оптимальное распределение окислительных объемов и др.



# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАНОЛА ДЛЯ БОРЬБЫ С ГИДРАТАМИ И ЕГО РЕГЕНЕРАЦИЯ В ГАЗОПЕРЕРАБОТКЕ

*И.В.Замковая, Ю.Э.Колесник, Я.Э.Михайловский*

Гидратами называются кристаллические соединения, схожие со снегом или льдом, образуемые ассоциированными молекулами углеводородов и воды. Проблема борьбы с гидратообразованием стала остроактуальной в связи с развитием добычи, переработки и транспорта природного газа.

При транспортировании газоконденсата, особенно нестабильного, по трубопроводам при наличии в нем пресной или низкоминерализованной воды и природного газа возможно образование гидратных пробок. В процессе гидратообразования легких углеводородов происходит механический захват жидкого конденсата. Капли конденсата как бы оказываются окруженными кристалликами гидрата.

Гидратообразование замедляется при снижении давления в системе, с повышением температуры, а также при вводе ингибиторов, способствующих разрушению гидратов. Ингибиторы подаются дозировочными насосами индивидуально на каждую скважину или централизованно одним насосом с регулятором подачи в каждую точку.

Одним из таких ингибиторов, широко применяемым в газопереработке для борьбы с гидратами природных газов в скважинах, шлейфах, газопроводах или аппаратах, является метанол. Этому способствуют некоторые его физико-химические свойства. В метаноле хорошо растворяются различные углеводороды, а при низких температурах – диоксид углерода и сероводород. Сам метанол хорошо растворяется в гликолях. При подаче метанола в скважины и шлейфы и последующей осушке газа на установках низкотемпературной сепарации или в абсорберах метанол извлекают из газа гликолями, что снижает вязкость поглотителя.

Метанол вводится (впрыскивается) в систему перед теплообменниками установки низкотемпературной сепарации, в которой совмещаются процессы извлечения конденсата и осушки газа. Конденсат и метанол отводятся отдельно. Конденсат подвергается стабилизации, а метанол поступает на установки регенерации.

Регенерация метанола стала неотъемлемой частью технологической схемы газового промысла. При осушке газа, содержащего метиловый спирт, диэтиленгликолем одновременно с водой поглощается и метанол, который затем выделяется при десорбции из водного конденсата на установках регенерации метанола. Выделение метанола из воды осуществляется в ректификационных колоннах.

Одной из особенностей эксплуатации установок регенерации метанола является образование накипи в трубках теплообменников и испарителей, на тарелках ректификационной колонны. Для удаления накипи аппараты обрабатываются 2-10 %-й соляной кислотой с ингибитором коррозии.



# УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ БИОГАЗОВОГО РЕАКТОРА

*А.В.Логвин, С.И.Якушко*

Изменившаяся ситуация на энергорынке Украины вызвала возобновление интереса к нетрадиционным возобновляемым источникам энергии. Основными требованиями, предъявляемыми к ним, являются: дешевизна сырья, простота технологического процесса, комплексное использование продуктов переработки, а также возможность решения экологических задач.

К нетрадиционным возобновляемым источникам энергии относятся: энергия ветра, Солнца, воды и биомассы. Одним из перспективных направлений для реализации указанных задач являются установки метанового сбраживания сельскохозяйственных отходов, таких как навоз свиней и крупного рогатого скота, а также помет птицы.

Анализ конструкций существующих метантанков показал, что свойства перерабатываемого сырья, такие как плохая теплопроводность, склонность к налипанию на теплообменные поверхности, образование плотной корки на поверхности, препятствующей выходу биогаза, вносят ряд конструктивных особенностей при проектировании метантанков. К ним относят конструирование теплообменников, выполняемых в виде вертикальных пластин или труб большого сечения, применение специальных перемешивающих устройств и приспособлений для разрушения корки.

Предложена конструкция усовершенствованного метантанка, который представляет собой горизонтальный наклонный резервуар, вдоль продольной оси которого установлен полый шнек большого диаметра. В полости шнека циркулирует горячая вода.

Предложенная конструкция позволяет одновременно решать несколько задач:

- медленную транспортировку биошлама в сторону выгрузки;
- обогрев полости метантанка;
- постоянное разламывание корки при вращении шнека.

Это дает возможность интенсифицировать процесс метанизации и повысить его стабильность, что позволит увеличить эффективность установки в целом.

Предложенная установка рекомендуется для использования в составе животноводческих и птицеводческих комплексов с целью утилизации органических отходов и получения нетрадиционного источника энергии – биогаза.



# ГІДРОДИНАМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАСАДКИ З ПОПЕРЕЧНИМ ПЕРЕРОЗПОДІЛОМ ФАЗ

*О.І. Заровня., В.А. Смірнов., В.Я. Стороженко*

Останнім часом зріс інтерес до використання насадкових колон для проведення тепломасообмінних процесів, а саме абсорбція і ректифікації. Регулярні насадки, що виготовлені з сітки, завдяки низькому гідравлічному опору і високій розділяючій здатності отримали широке застосування у вакуумних ректифікаційних колонах для розділення термолабільних речовин.

У насадкових колонах вільний перетин перевищує 50% від площі перетину колони, а в сітчастих тарілкових складає зазвичай 8—15%, чим передбачається ряд особливостей роботи насадки під вакуумом. Колони насадок працездатні в широкому діапазоні відносин витрат рідини і газу. При використанні насадки спостерігається менш інтенсивне піноутворення, оскільки диспергування рідини відбувається у вигляді тонкої плівки, а не дрібних крапель. В порівнянні з нерегулярною структурована насадка забезпечує вищу ефективність масопередачі, а також меншу витрату енергії за рахунок зниження опору проходу газу. Значна її перевага — проста лінійна залежність параметрів при масштабному переході від пілотних до промислових апаратів. Висока ефективність регулярної насадки робить її перспективною в тих випадках, коли потрібно збільшити продуктивність і понизити витрату енергії у виробництві, що діє.

В основі запропонованої насадки покладено створення конфігурації поверхонь, що формують регулярну насадку, таким чином, щоб здійснювався перерозподіл рідкої й газової фаз у радіальному напрямку, що приводить до зниження пристінного ефекту та при цьому до збільшення кінцевих ефектів.

Поставлена задача вирішується виконанням пакета регулярної насадки, у якому подвійна гофрована сітчаста стрічка (перфорована пластина) навивається по спіралі, що має форму усіченого конуса.

Пара й рідина рухаються в колоні протитечією, роблячи зигзагоподібні рухи, при цьому струмені газової фази набувають крутячий ефект у місцях перекриття трикутних каналів, що спричиняє турбулізацію потоків. Структура насадки й капілярна дія сітки забезпечує однорідне змочування поверхні насадки при рівномірному розподілі рідини.

Проведені експерименти по визначенню гідравлічного опору сухої (1—5 мм вод. ст.) і зрошуваної насадки (2—12 мм вод. ст.) залежно від швидкості газової фази (повітря при 20°C, швидкість 1—4 м/с; витрата води в діапазоні від  $0,06 \cdot 10^{-3}$  до  $0,136 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/годину) а також по вивченню перерозподілу рідкої фази в шарі насадки.

Статична затримка рідини складає 2—3%.

На підставі аналізу отриманих даних сформульовані рекомендації по проведенню досліджень на «гарячому» стенді а також на дійсних системах.



# ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ГРАНУЛЮВАННЯ У ВИХРОВИХ АПАРАТАХ ПСЕВДОЗРІДЖЕНОГО ШАРУ

*А.С. Стеценко, А.Є. Артюхов*

Сучасна вітчизняна хімічна промисловість, зокрема галузь виробництва гранульованих продуктів, стає на шлях переходу від застарілого великогабаритного обладнання до малогабаритних модернізованих апаратів, що забезпечують високу питому потужність та збереження матеріальних і енергетичних ресурсів на етапі проектування, монтажу, функціонування та ремонту. Основна мета, що постає перед проектувальниками нового обладнання – підвищення якості готового продукту та зменшення його собівартості.

Одним із варіантів вирішення поставленої задачі є створення апарату для проведення процесу гранулювання, що виключає недоліки попереднього обладнання та набуває нових переваг порівняно з ним. З цією метою в лабораторних умовах кафедри «Процеси та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв» Сумського державного університету розроблено вихровий гранулятор псевдозрідженого шару. Роботу експериментального зразка вихрового гранулятора досліджено на експериментальній технологічній лінії виробництва гранульованих продуктів.

– За результатами експерименту запропоновано новий спосіб гранулювання рідкого матеріалу та пристрій для його здійснення. Розпилення рідкого матеріалу здійснюють крізь отвори перфорованої поверхні без надання йому додаткового моменту руху механічним способом під дією гідростатичного напору рідкого матеріалу та його власної ваги з одночасним накладанням на рідкий матеріал, що витікає, електромагнітних коливань.

В модернізованому апараті-грануляторі вихрового псевдозрідженого шару в порівнянні з базовою схемою, що розроблена раніше, змінено спосіб розпилення розплаву в робочу зону пристрою. Вдосконалення полягає в тому, що вузол розпилення виконаний у вигляді комбінованої коробчато-сферичної порожнини з перфорованою нижньою сферичною частиною (днищем) та отворами на її верхній частині, всередині якої розміщений циліндричний шток, розташований на одній осі з порожниною, мембраною, роль якої відіграє центральна плоска неперфорована частина днища, яка випромінює коливання. Гранулятор також оснащений електромагнітним вібратором, який з'єднаний зі штоком за допомогою муфти, датчиком вібрацій на плоскій мембрані, електронним регулятором, що приєднаний до електромагнітного вібратора та частотоміром, розташованими за межами робочого об'єму пристрою.

Розроблений спосіб гранулювання рідкого матеріалу дозволить значно підвищити ступінь монодисперсності готового продукту та сприятиме формуванню правильної сферичної форми гранули готового продукту.



# МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ КРУПНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СОЛЕЙ И КОНСТРУКЦИИ КРИСТАЛЛИЗАТОРОВ

*С.М.Маренок*

Потребность рынка в крупнокристаллических продуктах возрастает особенно в производстве минеральных удобрений благодаря их высоким потребительским качествам (химической чистоте, однородности и крупности частиц 1-3 мм). Такой продукт более удобен при внесении в почву, меньше слеживается при хранении на складах, его транспортировка и загрузка связаны с меньшими трудовыми затратами.

Для получения крупнокристаллических продуктов в химической промышленности применяют классифицирующие кристаллизаторы со взвешенным слоем, в которых одновременно с ростом частиц осуществляется гидравлическая классификация производственных кристаллов, в аппарате поддерживается оптимальное пересыщение раствора, а также удаляются мелкие частицы, которые являются избыточными центрами кристаллизации.

В основу метода кристаллизации во взвешенном слое положен принцип непрерывного и противоточного взаимодействия фаз, при этом создается возможность управлять отдельными стадиями и процессом в целом, что позволяет получать продукт высокого качества однородного гранулометрического состава. На практике для получения крупнокристаллических продуктов применяют вакуум-кристаллизаторы с принудительной внешней или внутренней циркуляцией, что даёт возможность получать более крупные кристаллы по сравнению с аппаратами других типов.

Особенностью разрабатываемого вакуум-испарительного кристаллизатора является то, что взвешенный слой кристаллов условно разделен на две зоны. В нижней зоне происходит рост и гидравлическая классификация производственных кристаллов, в неё по центральной трубе подается до 80% объемного расхода пересыщенного раствора. Над нижней зоной располагается зона выращивания мелких кристаллов, при этом в неё подается часть (до 20%) свежего пересыщенного раствора, что позволяет увеличить скорость роста мелких кристаллов. Отводные патрубки выполнены изогнутыми, что позволяет осуществить вращение взвешенного слоя кристаллов, устранить образование застойных зон, увеличить время роста и соответственно укрупнить производственные кристаллы. Благодаря возможности регулировать уровень пересыщения между зонами в аппарате поддерживается высокая скорость роста как мелких, так и производственных кристаллов.

Применение такого кристаллизатора в крупнотоннажном производстве позволяет интенсифицировать процесс роста кристаллов во всем объеме аппарата, получать продукт высокой степени однородности, в котором содержание крупнокристаллических производственных зёрен в отбираемой суспензии составляет более 85 % от общей массы.



# ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ КОНТАКТНОГО АППАРАТА СЕРНОКИСЛОТНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА КАТАЛИЗАТОРА

*Е. А. Гевлич*

Целью проведения научно-исследовательской работы является исследование характеристик работы контактного аппарата окисления  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$ , в зависимости от типа используемого катализатора.

Для решения поставленной задачи была разработана программа проведения расчетов с помощью ЭВМ. Изменяя тип катализатора (имеются данные по следующим ванадиевым катализаторам: СВС, СВД, БАВ, ИК-1, ИК-2), мы можем проследить изменение основных параметров процесса. Систематизируя полученные результаты мы можем подобрать катализатор который сможет обеспечить наилучшие характеристики работы на каждом слое.

Результатами расчета являются:

- Теплота реакции;
- Константа равновесия;
- Температура на выходе из слоя;
- Степень контактирования в слое;
- Время соприкосновения с контактной массой;
- Состав газа на выходе из слоя;
- Объем необходимого для контактирования катализатора;
- Высота слоя

По результатам расчета строятся графические зависимости, основной из которых является равновесная кривая зависимости степени конверсии от температуры в слое. Рассматривая расположение полученных равновесных кривых можно определить катализатор, использование которого будет наиболее рациональным.

Так же в результате проведенного опыта можно построить зависимости времени контактирования на каждом слое от катализатора, повышение температуры на слое, количества не прореагировавшего  $\text{SO}_2$  попадающего в атмосферу.

Исходя из проведенных расчетов, наиболее целесообразным представляется проектирование контактного аппарата с использованием в качестве катализатора на 1 слое контактной массы типа ИК-1. После прохождения первого слоя газ будет иметь степень конверсии 66,57%. На остальных слоях можно использовать каталитическую массу типа СВД.

Спроектировав аппарат таким образом мы получим степень контактирования 99,4%, сравнительно низкую стоимость аппарата и наименьшие выхлопы в атмосферу.



# ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА В ХИМИЧЕСКОМ МАШИНОСТРОЕНИИ И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ

*С.М.Яхненко*

Техническая диагностика заключается в определении технического состояния диагностируемого объекта и его составных частей путем измерения и контроля количественных и качественных значений диагностических параметров с помощью специальных средств.

Основные задачи технического диагностирования машин заключаются: в проверке работоспособности машины в целом или ее узлов, в поиске дефектов с установлением причины и места их возникновения; в контроле над качеством ремонта; в сборе информации о техническом состоянии сборочных единиц машины, в обработке и анализе этой информации, а также в принятии решения о возможности дальнейшей эксплуатации машины, в необходимом объеме ТО и ремонта.

Техническая диагностика по объему и характеру информации о неисправности объекта диагностирования подразделяется на два основных вида: общее и углубленное диагностирование.

При общем диагностировании устанавливается возможность дальнейшей работы машины или аппарата без регулировочных и ремонтных работ; необходимость регулировочных и ремонтных работ; необходимость проведения для отдельных узлов машины углубленного диагностирования.

При углубленном диагностировании проводят углубленный диагноз состояния сборочных единиц, а также поиск дефектов с выявлением места и причины их возникновения; устанавливают объем регулировочных и ремонтных работ, определяют остаточный ресурс. Для этого используют локальные параметры, характеризующие конкретные неисправности узлов или отдельных деталей.

Эффективность технического диагностирования зависит от наличия высокоточных контрольных приспособлений и приборов, обеспечивающих с достаточной точностью, достоверностью и минимальной трудоемкостью получение исследуемых параметров.

Особую роль в проведении технического диагностирования играют методы проведения контроля. Наиболее предпочтительны методы неразрушающего контроля, которые являются основными элементами технической диагностики и важнейшими составными частями гибких автоматизированных производств.

В химической и нефтеперерабатывающей промышленности нашли применение приборы позволяющие обнаружить неполадки в эксплуатируемом оборудовании без его разборки: ультразвуковые (накладные) расходомеры жидкости; ультразвуковые толщинометры; термоаниометры; тепловизоры; газовые анализаторы; гигрометры; бесконтактные частотомеры; виброакустические измерительные комплексы и др.



# ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СЕПАРАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ НАФТОГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

*О.О.Ляпощенко, В.І.Склабінський*

Природний газ, що надходить зі свердловин, містить значну кількість краплинної рідини, що складається з мінералізованої води, газового конденсату, метанолу й інших, як правило, у кількості 30-40 г/м<sup>3</sup>, але сягаючих навіть 200-800 г/м<sup>3</sup>. Застосовуване в технологічних лініях газопереробних виробництв традиційне газосепараційне обладнання відрізняється низьким ступенем розділення (ефективність розділення не перевищує 30-40%, а іноді сягає навіть 15%), що забезпечує лише грубе очищення нафтових побіжних і природних газів. Тому питання вдосконалення технології та техніки очищення побіжного нафтового і природного газів постають актуальними, постійно підштовхуються все жорсткішими вимогами до якості продуктів і ступеня використання енергоресурсів нафтогазового комплексу України.

Очищення газу здійснюється на всіх етапах технологічного циклу: при видобутку газу в складі установок комплексної підготовки газу (УКПГ); при транспортуванні на компресорних станціях (КС); на газорозподільних станціях (ГРС). Останні роботи ДОО „Центрального Конструкторського Бюро Нефтеаппаратуры” (<http://www.ckbn.ru/>) зорієнтовані на конструювання високоефективного сепараційного обладнання, в якому поєднано механізми розділення у полі відцентрових сил з механізмами фільтрування.

У 2001-2003 рр. пройшли промислові випробування та впроваджено на підприємствах ВАТ „Укрнафта” інерційно-фільтруючі газосепаратори конструкції СумДУ, зокрема у складі блоку осушування газу (БОГ) на Качанівському газопереробному заводі (КГПЗ), Глінсько-Розбишівському виробництві та Анастасіївській газліфтній компресорній станції (АГЛКС). У 2003 р. запропоновано співробітництво в проведенні спільних науково-технічних досліджень та впровадженні сумісних конструкторсько-технологічних розробок, направлених на реконструкцію Глібовської УКПГ ДАТ «Чорноморнафтогаз» національної акціонерної компанії «Нафтогаз України».

Пропоновані конструкції газосепараторів відрізняються високою ефективністю очищення від рідини у широкому діапазоні зміни продуктивності та тиску, мають понижений гідравлічний опір порівняно з провідними промисловими аналогами. Сепаратори обладнані ефективними вузлами входу, що виконують функції попередньої сепарації рідини та вловлювання механічних домішок, коагуляторами дрібнодисперсного аерозолу та високоефективними інерційно-фільтруючими сепараційними елементами. Вміст рідкої фази в потоці природного газу на вході до сепараторів обмежується виходом обладнання на режими захлинання сепараційних елементів і припускається не більше 200 г/м<sup>3</sup>. Гідравлічний опір апаратів коливається від 0,005-0,015 МПа. Унесення несепарованої рідини не перевищує значення 0,015 г/м<sup>3</sup>.



# КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ВНУТРІШНЬОГО ПРОСТОРУ ВИХРОВОГО ГРАНУЛЯТОРА

*В.М. Маренок*

Вихровий гранулятор є однією з різновидностей грануляторів псевдозрідженого шару. Він являє собою апарат з циліндричним корпусом всередині якого встановлений конус, який і слугує робочим простором гранулятора. У нижній частині внутрішнього конусу встановлений газорозподільний пристрій, який слугує для рівномірного розподілу газового потоку по перетину внутрішнього конусу, підкручування газового потоку, а також для розвантаження готових гранул. Між внутрішнім конусом та корпусом апарата утворюється кільцевий простір. У верхній частині апарату встановлена пневматична форсунка для розпилення розчину аміачної селітри на псевдозріджений шар гранул. Між кришкою гранулятора та верхньою частиною внутрішнього конусу утворюється сепаруючий простір, а у нижній частині гранулятора встановлене конічне днище з інжекційною трубкою, яка слугує для подання зворотного ретуру до робочої зони апарата.

Комп'ютерне моделювання гідродинаміки руху газового потоку внутрішнього простору вихрового гранулятора з внутрішньою циркуляцією ретура дозволить дослідити ефективність конструктивних рішень газорозподільного пристрою, дозволить обрати оптимальні рішення що до кута розкриття внутрішнього конусу, вибрати найбільш оптимальне місце для розміщення форсунки, точки введення зворотного ретура та ін..

Комп'ютерна модель базується на кінцево - об'ємному методі рішення рівнянь гідродинаміки з використанням прямокутної адаптивної сітки з локальним подібненням.

Комп'ютерна модель розрахунку базується на рішенні рівняння нерозривності, рівняння збереження маси речовини та рівняння збереження імпульсу, а також рівняннями що описують динаміку частки, в яких враховується властивості несучої фази та властивості окремих часток.

У цій моделі враховується взаємний вплив фаз одне на одну, тобто несуча фаза визначає траєкторію руху часток, частки у свою чергу впливають на течію через джерело маси (тобто через силу опору діючу на несучу фазу) та енергії.

Результати комп'ютерного моделювання отримують у вигляді графічних, текстових матеріалів, і визначають траєкторію, швидкість руху, енергію та інші параметри як несучої фази (газового потоку) так і часток.

Вихідними даними для розрахунку слугують початкові параметри газового потоку, властивості часток та їх концентрація, та геометрія розрахункової області, яка задається у вигляді 3-х вимірної твердо тільної моделі створеної у спеціальних редакторах 3-х вимірної графіки.



# УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ, ПОЛУЧАЕМОЙ НА МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ ГРАНУЛЯТОРАХ

*Н.П. Кононенко, В.Н. Покотыло, Л.Н. Батюк*

Получение продукта хорошего качества является основной задачей предприятий-производителей минеральных удобрений. Одним из показателей качества туков является их гранулометрический состав. Опыт промышленной эксплуатации грануляторов конструкции НИИХИММАШ показывает, что получаемые на них туки азотных удобрений не соответствуют ГОСТу на высшее качество по фракционному составу.

Причиной этого является следующее. Вибрационная система грануляторов конструкции НИИХИММАШ рассчитана для работы на строго определенной нагрузке. Колебания по нагрузке влечет за собой отказ вибросистемы или ее работу в нестабильном режиме. Это приводит к самопроизвольному распаду струй или несовпадению частотных характеристик вибросистемы со скоростью истечения плава из отверстий, что ухудшает качество продукта.

Исходя из этого, нами были проведены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по модернизации грануляторов НИИХИММАШ, в ходе которых были выполнены следующие работы:

1. Испытаны новые перфорированные днища диаметром 500 мм с высотой сферического или тороидального сегмента до 100 мм. Установка таких корзин позволила при факеле распыла диаметром 3-4 м, за счет увеличения шага между отверстиями, уменьшить вероятность столкновения капель жидкости при истечении из отверстий. Кроме того, понижение уровня (напора) плава аммиачной селитры в грануляторе привело к уменьшению скорости его истечения и снижению тепловой нагрузки на башню.

2. Установлена и испытана новая вибросистема, которая обеспечила стабильное наложение колебаний на струи жидкости, истекающие из отверстий корзины при изменении нагрузки на гранулятор по плаву. Это позволило получать монодисперсные гранулы размером 2-3 мм не менее 90% и фракции менее 1 мм не более 1%. Кроме того, установка вибросистемы данной конструкции позволила осуществлять измерение уровня плава в грануляторе и, тем самым, контролировать степень забивки и скорость истечения плава из отверстий корзины.

3. Установлен прибор контроля вибрации (ПКВ), который позволил осуществлять контроль за работой вибратора с ЦПУ, своевременно производить техническое обслуживание вибросистемы.

Аналогичные работы были выполнены для цеха карбамида Горловского «Концерн Стирол» по модернизации грануляторов АВ-1800 конструкции НИИХИММАШ. Характеристика получаемого продукта: фракция 2-3 мм – 87-95%, фракция менее 1 мм – 0,7-1,0%.



# СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ГРАНУЛЯТОРОВ ТИПОВ ВВГ И АВ

Н.П. Кононенко, Т.В. Михайлова, В.Г. Колесникова, Г.П. Стыльниченко

Сложившаяся структура азотной промышленности Украины характеризуется башенным способом получения азотных удобрений. Значительная часть мощностей работает на экспорт.

Анализ мирового опыта производства гранулированных азотных удобрений показывает, что при их использовании для получения тукосмесей наиболее оптимальным являются гранулы диаметром 2,5-4,0 мм. Такой продукт позволяет снизить слеживаемость гранул при сохранении массовой доли вещества покрытия и повысить прочность частиц, что снижает потери от разрушения азотосодержащих удобрений при их использовании в тукосмесях.

С целью определения оптимального типа гранулятора, для производства продукта, отвечающего этим требованиям, в промышленных условиях были проведены испытания грануляторов конструкции НИИХИММАШ и типа ВВГ.

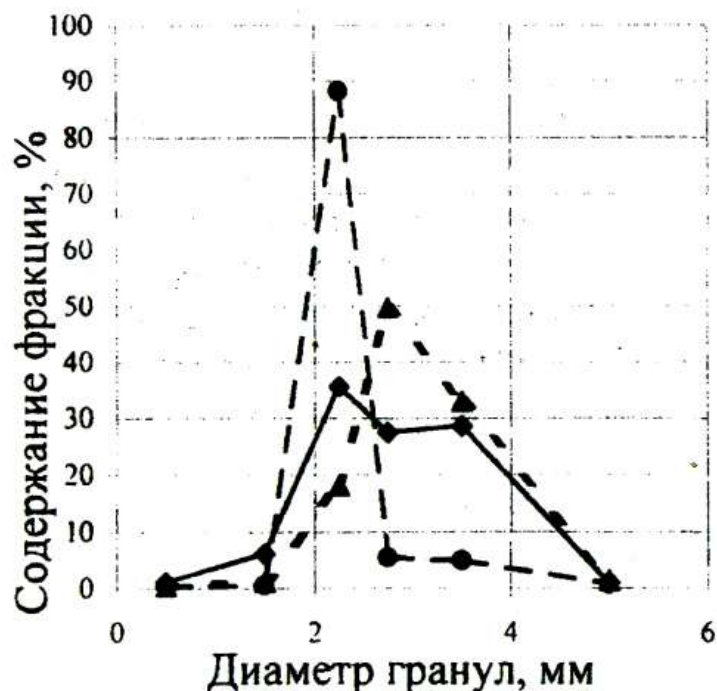


Рисунок 1 – Гранулометрический состав продукта:

- ● - - гранулятор ВВГ;
- ◆— гранулятор НИИХИММАШ;
- ▲ - - модифицированный гранулятор ВВГ.

Результаты гранулометрического состава продукта, полученного на этих грануляторах приведены на рис.1. Исходя из требований к продукту, преимуществом грануляторов НИИХИММАШ является возможность получения гранул диаметром 2,5-4,0 мм в количестве 40-60%. Вместе с тем, недостатком продукта, получаемого на этих грануляторах, является содержание 5-7% гранул менее 2 мм, что повышает слеживаемость продукта и удельный расход вещества покрытия.

Кроме того, повышенное содержание гранул этого размера приводит к их разрушению при транспортировке и смешении, расслоению продукта в тукосмесях.



К преимуществам грануляторов типа ВВГ относятся монодисперсность получаемого продукта и низкое содержание фракции менее 2 мм (до 2 %). Как видно из приведенных графических зависимостей, применение грануляторов типа ВВГ позволяет получать монодисперсные гранулы размером 2-3 мм не менее 90 % и фракции менее 1 мм не более 1 %. Кроме того, применение более эффективной и гибкой системы наложения вибраций позволяет получать не менее 80 % гранул в диапазоне 2,0-2,5 мм.

Проведенная модификация гранулятора типа ВВГ позволила выпускать продукт с содержанием гранул фракции 2,5-4,0 мм не менее 75 %, при содержании частиц фракции менее 2,0 мм 0,8- 3,0 %.

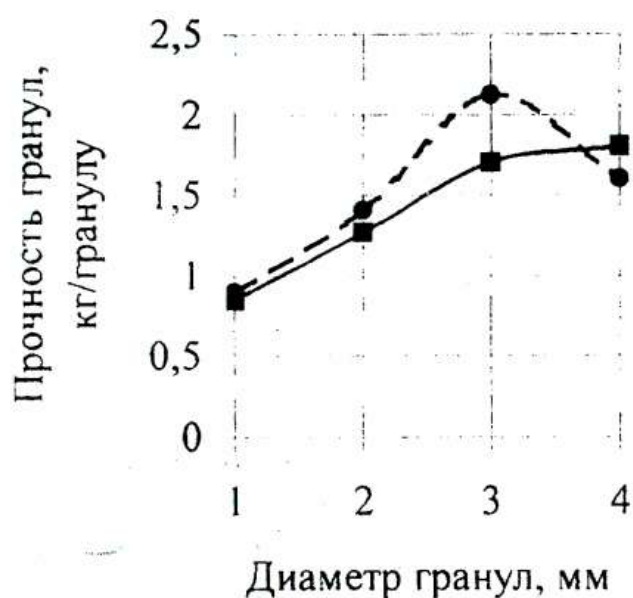


Рисунок 2 – Зависимость прочности гранул от диаметра:

- • - - гранулятор ВВГ;
- ◆ — гранулятор НИИХИММАШ.

При проведении сравнительных испытаний грануляторов также было отмечено увеличение прочности гранул, получаемых на грануляторах типа ВВГ.

Результаты исследований приведены на рис.2.

Кроме того, установка грануляторов типа ВВГ позволяет: варьировать диаметром факела распыла от 3 м до 7 м; за счет увеличения шага между отверстиями, уменьшить вероятность столкновения капель плава при истечении из отверстий; понизить уровень (напора) плава в грануляторе, что приводит к уменьшению скорости его истечения и снизить тепловую нагрузку на башню.

Грануляторы типа ВВГ имеют надежную вибрационную систему, которая обеспечит стабильное наложение колебаний на струи жидкости, истекающих из отверстий корзины, независимо от изменения нагрузки на гранулятор по плаву. Эта вибросистема позволяет осуществлять измерение уровня плава в грануляторе и, тем самым, контролировать степень забивки и скорость истечения плава из отверстий корзины.

Таким образом, применение грануляторов типа ВВГ позволяет улучшить качество получаемых азотных удобрений, расширить их ассортимент путем подачи в плав порошкообразных или жидких компонентов, и, следовательно, повысить экспортные возможности продукции. Эксплуатация грануляторов типа ВВГ позволит снизить производственные энергозатраты, вследствие значительного уменьшения доли гранул, поступающих из отсева на повторную переработку, и вывести из эксплуатации классификаторы продукта.



# ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ГРАНУЛЯТОРОВ ПЛАВА

*И.Е.Рыбкин, С.В.Вакал, В.Н.Мирошниченко.*

Вибрационные грануляторы, предложенные Б. Г. Холиным, успешно применяются химической промышленностью для получения высококачественных гранул минеральных удобрений. В вышеуказанном классе грануляторов, с целью повышения монодисперсности гранулометрического состава, осуществляется модуляция струй жидкого плава, путем ввода контролируемых гармонических возмущений в каждую струю.

Амплитудно-частотная характеристика вибрационной системы должна обеспечивать модуляцию струй жидкого плава с энергией достаточной для устойчивого каплеобразования в заданной координате во всем диапазоне нагрузок гранулятора, при волновом числе в диапазоне (0,7 – 0,9).

Влияние отклонения геометрии излучателя от оптимального на коэффициент передачи мощности иллюстрирует рисунок 1.

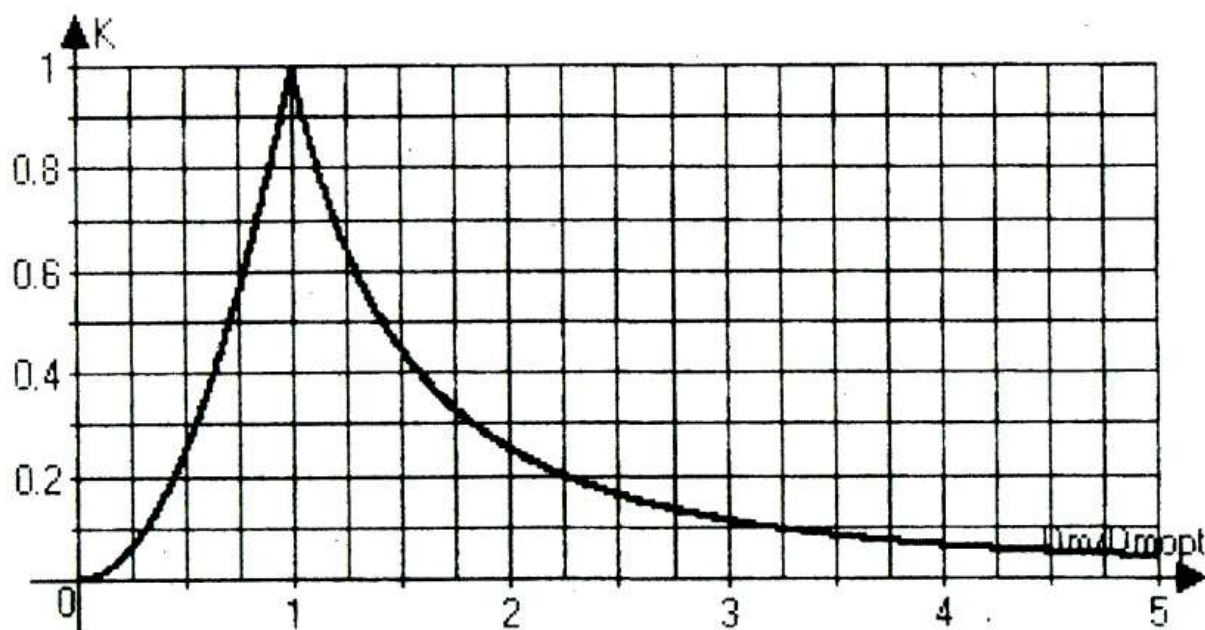


Рисунок 1

С целью минимизации энергетических потерь при наложении возмущений на струи плава, а также в виду наличия конструкторских и технологических ограничений, требуется согласование излучателя вибрационной системы гранулятора со средой плава.



## X I M I Я



# ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

*А.А.Павленко\*, Л.М.Миронович*

*\*Шосткинский институт СумГУ*

За последние годы значительно увеличился объем использования полиэтилентерефталата (ПЭТФ). Так, в 2008 г планируется потребление ПЭТФ только в качестве преформ 11 млн.т, что отвечает увеличению его потребления на 57 %. Из ПЭТФ производят пленку, волокна, монолитные изделия и др. В результате потребления продуктов переработки ПЭТФ появляется большое количество отходов, что приводит к загрязнению окружающей среды. К ним, в первую очередь, относят полимерную тару, отходы производства магнитной пленки, тканевые материалы. Большое количество отходов на основе ПЭТФ имеет в своем составе другие полимерные материалы: поликарбонаты, полиамиды, полипропилен, эластомеры, что усложняет вторичную переработку материалов.

ПЭТФ является прочным термостойким материалом. Изделия из него стойки к растрескиванию, модуль упругости 2500 Мпа. ПЭТФ сохраняет свои механические свойства в диапазоне температур от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+200^{\circ}\text{C}$ . Обладает небольшой водопоглощающей способностью. ПЭТФ стоек к действию разбавленных кислот, масел, спиртов, минеральных солей и большинству органических растворителей, за исключением сильных щелочей. Полимер не ядовит, не имеет вкуса и запаха.

Основные проблемы вторичной переработки ПЭТФ и композитов на его основе состоят: в возможности переработки различных марок ПЭТФ в широком диапазоне их характеристической плотности (0,6 – 1,5 дл/г); достижения минимальной влажности исходного ПЭТФ в процессе сушки; снижение энергозатрат экструдера за счет предварительного нагрева материала; в возможности переработки ПЭТФ совместно с другими полимерами.

Одной из проблем при вторичной переработке отходов на основе ПЭТФ является сортировка полимерных материалов. В мировой практике используют электронно-оптические устройства, что позволяет достигать 99 % чистоты разделения. В Украине данный метод не используют. Сложной проблемой является очистка отходов от остатков продуктов и механических примесей. Недостатком вторичного сырья на основе ПЭТФ является довольно низкое качество. Для повышения качества в перерабатываемый полимер вводят модификаторы, красители, стабилизаторы и др. Полимеры чувствительны к вторичной переработке (экструзия, литье под давлением), поэтому проводят химическую модификацию (полиорганосилоксанами), при этом получают композиционные материалы. Отходы ПЭТФ перерабатывают химическими методами (гидролизом, алкаголизом, избытком этиленгликоля), но при этом происходит деструкция полимера.



# 3-АМИНО(ГИДРАЗИНО)-5-ОКСО-6-R-2H-1,2,4-ТРИАЗИНЫ В РЕАКЦИЯХ НУКЛЕОФИЛЬНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ

*С.М.Ефименко, А.В.Полетавкин, Л.М.Миронович*

Развитие исследований и разработок в области химии гетероциклических соединений является важнейшей задачей современности. Современные лекарственные средства, пестициды, органические красители и другие полезные соединения представлены, в основном, гетероциклическими соединениями. Среди них значительное место занимают производные 1,2,4-триазинов, в частности амино(гидразино)-1,2,4-триазины. На основе них продолжают создаваться новые фармацевтические препараты, обладающие противовоспалительной и анальгизирующей, вируцидной активностями, антибактериальным действием. Некоторые из них проявляют пестицидную активность, особенно триазинсульфонамиды. Для расширения спектра применяемых препаратов на основе 1,2,4-триазинов нами синтезированы 3-амино(гидразино)-1,2,4-триазины и получены новые производные на их основе.

Синтез 3-амино-5-оксо-6R-2H-1,2,4-триазинов осуществляли путем конденсации при кипячении аминогуанидина с  $\alpha$ -оксокислотами (пировиноградной, фенилглиоксиловой, п-бромфенилглиоксиловой, п-хлорфенилглиоксиловой, триметилпировиноградной) в водной щелочной среде. 3-Гидразино-5-оксо-6R-2H-1,2,4-триазины получали по реакции нуклеофильного замещения тиоксогруппы на гидразиновую в 3-тиоксо-5-оксо-6R-2H,4H-1,2,4-триазинов при нагревании в спиртовой среде в течение 3-4 ч. Выход продуктов реакции зависит от концентрации гидразингидрата. Все полученные соединения представляют кристаллические вещества, белого цвета, плохо растворимые в органических растворителях, воде, но растворимые в ДМФА, пиридине.

При действии арилсульфохлорида (п-толуолсульфохлорида, п-нитробензолсульфохлорида) на 3-гидразино-5-оксо-6R-2H-1,2,4-триазины в среде безводного бензола в присутствии каталитических количеств триэтиламина при кипячении выделены N-(п-толуолсульфонил)-N'-(5-оксо-6R-2H-1,2,4-триазин-3-ил)гидразины и N-(п-нитробензолсульфонил)-N'-(5-оксо-6R-2H-1,2,4-триазин-3-ил)гидразины. Реакции протекают с осмолением, что затрудняет выделение конечных продуктов. В случае 3-аминотриазинов реакции проводили в безводном пиридине при 50-60° С. Во всех случаях получены 3(арилсульфамино)-5-оксо-6R-2H-1,2,4-триазины. Строение синтезированных соединений установлено по совокупности данных элементного анализа, ИК-, ЯМР спектроскопии. Некоторые соединения из ряда 3(арилсульфамино)-5-оксо-6R-2H-1,2,4-триазинов проявляют бактерицидную активность против угловатой пятнистости огурцов при протравливании семян.



# ПЛЕНКООБРАЗОВАНИЕ $\alpha,\omega$ -БИС-(ВИНИЛ-О-ФТАЛАТЭТИЛЕНОКСИ)ЭТИЛЕНА В ПРИСУТСТВИИ ИНИЦИАТОРОВ

Ю.Б.Никозять\*, Л.М. Миронович

\*Полтавский университет Потребительской кооперации Украины

Полимерные материалы широко применяют во всех отраслях промышленности.  $\alpha,\omega$ -Бис-(винил-о-фталатэтиленокси)этилен (ДФТ) является перспективным в плане применения олигомером винилового типа, свойства которого исследованы не полностью. Целью нашей работы явилось исследование пленкообразующей способности ДФТ в присутствии инициаторов различной химической природы.

Пленки толщиной 35 мкм наносили наливом из толуольного раствора на кварцевые пластинки. Активацию инициатора ( $\beta$ -дикетонаты переходных металлов) в пленках ДФТ проводили облучением УФ лучами ртутно-кварцевой лампы ДРТ-400 на расстоянии 10 см от поверхности пленок в течение 300 с при температуре 298-343 К. Для пленок определяли броматометрически конверсию двойных связей. Для подтверждения результатов исследования по пленкообразованию использовали адсорбционную спектроскопию в инфракрасной области. Спектры снимали на приборе Specord 75 IR в таблетках KBr в диапазоне волновых чисел 4000-40  $\text{см}^{-1}$ . Содержание трехмерного полимера (Гтр.) определяли гравиметрически.

В результате исследования пленкообразования ДФТ на воздухе установлено, что пленкообразование его независимо от способа иницирования происходит по послойному механизму и подобно пленкообразованию олигоэфиракрилатов. Независимо от способа иницирования пленкообразование ДФТ протекает без индукционного периода. Скорость пленкообразования ДФТ, иницированного  $\beta$ -дикетонатами переходных металлов, выше скорости пленкообразования ДФТ, иницированного ОВС в условиях эксперимента, а граничные глубины пленкообразования довольно близки.

Содержание пространственного полимера оказывает влияние на физико-механические и защитные свойства покрытий. Установлено, что при полимеризации ДФТ имеет место индукционный период трехмерной полимеризации, который зависит от способа иницирования и температуры активации инициатора, а также сушки образцов. Повышение температуры активации инициатора является более весомым фактором при образовании трехмерного полимера, так как увеличивается количество образованных свободных радикалов, ведущее к более быстрому образованию полимера. Активность в реакциях радикалов и реагирующих групп, расположенных в матрице полимера зависят от температуры сушки образцов.



# ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – ФУЛЛЕРЕНЫ И ФУЛЛЕРЕНОПОДОБНЫЕ СТРУКТУРЫ

*Е.А.Смиян, П.П.Сичненко, Л.М.Миронович*

Мир, в котором мы живем, развивается с ускорением. В данном сообщении мы познакомим с открытием ученых химиков – новой аллотропной формой углерода – фуллереном. Американские ученые (1985 г.) обнаружили полую молекулу графита в форме футбольного мяча, состоящую из пяти-, шестиугольников. Атомы углерода расположены на поверхности сферы и имеют три химические связи, а не четыре как у остальных углеводородов, составляющих основу жизни на Земле. В честь гениального американского архитектора Р.Фуллера, прославившегося своими конструкциями ячеистых куполов и оболочек, новый класс соединений назвали фуллеренами. В Карельском Прионежье располагается единственное в мире месторождение шунгита – минерала, аналога которого нет по целебным качествам и многообразию свойств, включающий в себя вкрапления фуллерена. Перспективы применения фуллеренсодержащих материалов очень велики. Это применение их в качестве наноструктурных материалов, сверхпроводников, сорбентов, аккумуляторов водорода, оптических устройств, фоточувствительных элементов, устройств электронной техники, покрытий для эндопротезов, молекулярных подшипников. Хотелось бы остановиться на применении фуллерена в повседневной жизни.

Специальные исследования в области физики частотного пространства, микробиологии и биохимии человека доказывают, что приборы медицинской физиотерапии, бытовая электронная аппаратура, все виды современных средств связи являются источниками различного рода излучений в широком частотном диапазоне, которые оказывают пагубное действие на здоровье человека, вызывая синдром хронической усталости. На первый план выдвигается задача защиты и создания комфортных условий существования человека в профессиональной и бытовой среде. Одно из эффективных средств защиты и создания таких условий – использование Фуллереновой пирамидки.

Удивительные свойства обнаружены у пирамид из фуллерена. В зоне воздействия Фуллереновой пирамиды существенно усиливается иммунитет человека и животных, во много раз возрастает жизнеспособность клеточной ткани. Она оказывает мощное антистрессорное воздействие. Энергия формы Фуллереновой пирамиды «умеет делать» очень многое: вода приобретает свойства способствовать заживлению ран, тонизирует организм, уменьшает воспалительную реакцию после укусов и ожогов и действует как естественное вспомогательное средство для улучшения пищеварения; мясо, рыба, яйца, овощи, фрукты мумифицируются, но не портятся.



# НЕНАСИЧЕНІ ПОЛІЕФІРНІ СМОЛИ

*В.В. Ворожко, Т.В. Диченко*

Для створення лакових плівок і конструкційних пластмас використовують ненасичені поліефіри.

Ненасичені поліефіри – це терморективні олігомери з молекулярною масою від декількох сотень до декількох тисяч. В ланцюгах головних угруповань вони містять групи – (CO) – O – і, як мінімум, два подвійні зв'язки, здатні вступати в реакцію полімеризацію або співполімеризації. Ненасичені полімери здатні співполімеризуватися з вініловими, акриловими або аліловими мономерами з утворенням просторово–зшитих структур.

Розрізняють два види ненасичених поліефірів:

1) ненасичені поліефіри, в яких подвійні зв'язки ввозять, використовуючи для синтезу ненасичені двоосновні карбонові кислоти або їх ангідриди (фумарову кислоту, малеїновий ангідрид);

2) ненасичені поліефіри, що отримують в результаті реакції теломеризації з використанням як телоген ненасичених одноосновних кислот (акрилової, метаакрилової) або ненасиченого спирту (найчастіше алілового).

Перший тип поліефірів характеризується невисокою активністю в реакціях гомополімеризації. Щоб сформувати полімер тривимірної структури, необхідно провести їх співполімеризацію із ненасиченими вініловими або аліловими сполуками або використовувати поліефір, молекули якого містять фрагменти моноалілової похідної гліцерину. Другий тип ненасичених поліефірів здатний як до гомополімеризації, так і до співполімеризаційних. Більшість поліефірів, що виробляє промисловість, належить до першого типу полімерів.

Синтез і перетворення ненасичених поліефірів можна поділити на такі стадії:

- 1) синтез ненасиченого поліефіру;
- 2) створення розчину ненасиченого поліефіру в структуруючому мономері або розчиннику, що має властивості, які дозволяють досягнути оптимальних технологічних умов переробки експлуатаційних якостей продукту.
- 3) затвердження, тобто гомополімеризація поліефіру або співполімеризація із структуруючим мономером з утворенням просторово–зшитого продукту, яке відбувається в процесі переробки.

Ненасичені поліефіри можуть бути отримані за наступними методами.

1. Безпосередня етерифікація двоосновних кислот діолами.
2. Приєднання фтору до ангідридів кислот з утворенням кислих ефірів і далі поліетерифікація утворених на першій стадії кислих ефірів.
3. Співполімеризація оксидів олефінів з ангідридами двоосновних кислот.



# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КАЛИЙНЫХ БЕСХЛОРНЫХ УДОБРЕНИЙ

*А.Н. Кобыляков*

На Украине производится 16 тыс.т/год калийных удобрений на основе технического КСl, что является недостаточным.

Кроме того, в настоящее время ряд товаропроизводителей в сельском хозяйстве предъявляет жесткие требования к содержанию хлора в почвах. Избыток ионов хлора в почвенных растворах оказывает отрицательное влияние на плодородные свойства почвы, урожайность и качество выращиваемой продукции.

Поэтому представляется необходимым снижение техногенного воздействия на окружающую среду (почву, растения, грунтовые воды) посредством производства и внедрения бесхлорных калийных удобрений.

Источниками сырья наряду с месторождениями калийных солей (на Украине – Предкарпатское месторождение с Калушским, Стебниковским, Голыньским и Домбровским районами залегания калийных руд) являются месторождения алуниита, а также воды морей и соленых озер.

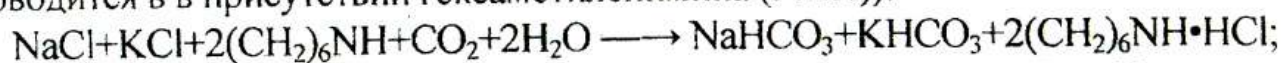
Традиционные методы получения калийных удобрений в основном направлены на получение КСl при переработке сильвинита КСl и карналлита  $\text{КСl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

Конверсионные же методы, которые использовались на Калушском химзаводе в качестве сырья использовали магнийсодержащие сложные системы (каинит  $\text{КСl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , шенит  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), и, несмотря на глубокую научную проработку, не были реализованы. В настоящее время эти работы приостановлены.

Был проведен патентный поиск по методам получения калийных бесхлорных удобрений, которые можно объединить в следующие группы:

1. Использование бесхлорного сырья (шенит  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).
2. Конверсия в системах  $\text{K}^+ - \text{Na}^+ (\text{NH}_4^+) - \text{SO}_4^{2-} (\text{NO}_3^-) - \text{Cl}^-$  с выделением  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ( $(\text{NH}_4)\text{KSO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$  и др.) – требует научной проработки и технической реализации.

3. Карбонизация сильвинита с получением поташа или бикарбоната калия (проводится в присутствии гексаметиленмина (ГМИ)):



ГМИ регенерируют электрохимическим способом с получением  $\text{H}_2$  и  $\text{Cl}_2$

4. Ионообменные методы: получение, например,  $\text{KNO}_3$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}$  из хлорида калия и нитрата аммония.

5. Получение  $\text{K}_2\text{SO}_4$  из отходов: например при переработке алуниитов и на предприятиях синтетических жирных кислот.

6. Электролитическое осаждение солей калия из морской воды с получением, например, фосфатов при добавлении  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

При выборе метода производства калийных бесхлорных удобрений следует руководствоваться сырьевой базой и критериями энергосбережения.



# ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФТОРА В ПОЧВАХ

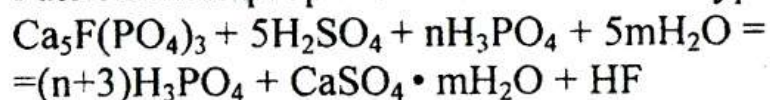
*Т.С. Клепальская, О.Б. Коваленко, И.Г. Воробьева*

Элементный состав почв – важнейший показатель их химического состояния, свойств, генезиса и плодородия. По абсолютному содержанию в почвах элементы могут быть объединены в три группы. Первая – макроэлементы (О, Si, Al, Fe, Ca, Mg и др.), суммарное содержание которых составляет 80–90% массы почвы. Во вторую группу входят Mn, N, P, I, H. Их количество выражается сотыми и десятными долями процентов. Микро– и ультрамикроэлементы  $n \cdot 10^{-10}$  –  $n \cdot 10^{-3}$  % это биологически активные элементы B, Cu, I, Mg и внесенные путем загрязнения элементы, к которым относится и фтор.

Целью нашего исследования явилось определение содержания фтора в почвенных массивах в черте города.

Возможным источником загрязнения является ОАО «Сумы Химпром», производящий экстракционную фосфорную кислоту, простой и двойной суперфосфаты, сырьем для производства которых является фторапатит  $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ .

Разложения фторапатита описывается уравнением



Выделяющийся при этом фтористый водород частично поступает в атмосферу и далее с атмосферной влагой в почву, что и служит источником ее загрязнения. Загрязнение почв фтором, так же как и тяжелыми металлами, представляет значительную опасность для почвенного покрова, снижает плодородие почв, вызывает их деградацию.

На первом этапе для получения объективной информации была проанализирована совокупность физико–географических условий. На основе анализа был проведен отбор проб на территории предприятия, в непосредственной близости от него (в районе Химгородка) а так же в районе пр–та Лушпы и Курском микрорайоне, как наиболее удаленном от возможного источника загрязнения.

Анализ на содержания иона фтора осуществляли потенциометрическим методом с помощью фторселективного электрода.

На основании анализа результатов исследования был сделан вывод о том, что во всех образцах почвы содержится ион фтора, причем как и прогнозировалось, наибольшая его концентрация наблюдается в почвах на территории предприятия.

В дальнейших исследованиях планируется провести мониторинг за состоянием и уровнем загрязнения почв фтором пригородных сельскохозяйственных угодий.



# ПИТТИНГОВАЯ КОРРОЗИЯ

*Д.А. Ляпощенко, Л.С. Манжос*

Питтинговая коррозия является одним из наиболее опасных видов локальной коррозии. Локальные коррозионные процессы протекают на сравнительно небольших по площади участках поверхности металла и развиваются с крайне высокой скоростью. Питтинговая коррозия происходит на отдельных ограниченных участках металла, когда остальная поверхность находится в пассивном состоянии. К этому виду коррозии склонно подавляющее большинство металлов и конструкционных материалов на их основе. Питтинговая коррозия возникает в морской воде, растворах солей, в охлаждающих системах холодильных машин, в системах оборотного водоснабжения химических предприятий. Название питтинг обычно используют применительно к глубоким точечным поражениям.

Для протекания питтинговой коррозии необходимо выполнение ряда условий: 1) питтинг образуется на поверхности металлов, находящихся в пассивном состоянии; 2) развитию питтинга способствуют дефекты пассивирующей пленки (структурные неоднородности, посторонние включения, поры). Особенно уязвимы для питтинга ребра, риски, границы лако-красочных покрытий; 3) в растворе должны обязательно присутствовать активаторы питтинговой коррозии и пассиваторы металла.

Активаторами питтинговой коррозии металлов в водных средах являются ионы  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$  и др. Они присутствуют в тех или иных количествах в большинстве природных и технологических сред, в которых эксплуатируется металлическое оборудование.

Пассиваторами металла могут быть различные анионы, как правило, содержащие кислород ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{ClO}_4^-$ ), но наиболее универсальным пассиватором является вода.

Развитие питтинговой коррозии происходит в три стадии: возникновение, развитие питтинга и репассивация.

Возникновение питтинга связано с нарушением пассивного состояния на отдельных участках поверхности металлов и сплавов в результате воздействия ионов активаторов.

Развитие питтинга связывают с работой гальванического элемента, в котором анодом является питтинг, а катодом — остальная поверхность металла, находящаяся в пассивном состоянии.

Репассивацию (прекращение роста) питтингов связывают со следующими причинами: а) вытравливанием структурных составляющих с менее совершенной пассивной пленкой в результате чего на поверхности вновь обнаженных участков образуется более совершенная пассивная пленка и скорость коррозии замедляется или вовсе прекращается; б) смещением потенциала металла в питтинге в область пассивного состояния.

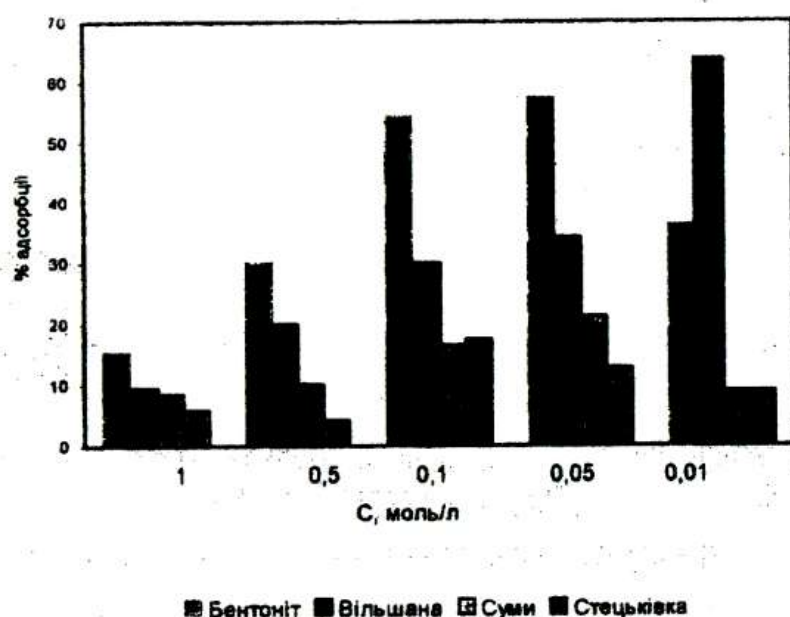


# ВИКОРИСТАННЯ МІСЦЕВИХ ГЛИНИСТИХ МІНЕРАЛІВ В ПРОЦЕСАХ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД АМОНІЙНОГО АЗОТУ

О.Г. Аблесв. Л.І. Марченко

Останнім часом перелік речовин, концентрації яких необхідно строго контролювати при скиданні води у водойми, нараховує більше 1300 найменувань. Аналіз проведений за останні 2 роки на основі даних по Держуправлінню екології та природних ресурсів у Сумській області, і показав суттєве перевищення ГДК по амонійному азоту в поверхневих водах в 60 % водних об'єктів басейну р. Псел. Використання для очищення вод місцевих глинистих мінералів - перспективний й ефективний метод, однак він недостатньо вивчений, не визначені технологічні параметри, немає достатньої кількості даних фізико-хімічних досліджень.

Для визначення адсорбційних властивостей глинистих мінералів по поглинанню іонів амонію з розчинів різних концентрацій готували модельні розчини  $\text{NH}_4\text{Cl}$  з концентрацією 0,01н; 0,05н; 0,1н; 0,5н й 1н. Адсорбент для очищення використали з розрахунку 3-5 г адсорбенту на 30 мл модельного розчину. Для всіх адсорбентів встановлювали кінетику адсорбції при однакових температурних умовах -  $20^\circ\text{C}$ , а також при однакових гідродинамічних умовах (штучне перемішування). Визначення змісту іонів амонію проводили за допомогою титриметрії методом заміщення, відповідно до рівняння:  $4 \text{NH}_4^+ + 6\text{CH}_2\text{O} \rightarrow (\text{CH}_2)_6\text{N}_4 + 4\text{H}^+ + 6\text{H}_2\text{O}$



Результати досліджень демонструє діаграма та ізотерма адсорбції

Рис. 1. Ефективність поглинання іонів амонію різними адсорбентами залежно від концентрації адсорбату



Як видно з рис. 1. при концентраціях розчинів хлориду амонію 0,5 моль/л і вище кращі адсорбційні властивості проявляє бентоніт. У межах середніх концентрацій розчину адсорбату ( 0,1-0,05 моль/л) найкращим адсорбентом залишається бентоніт, а серед глин Сумської області непогані властивості проявляє глина с. Вільшана Сумського району. Що стосується невеликих концентрацій модельних розчинів - 0,01 моль/л, максимальне значення ефективності адсорбції спостерігається також у глини с. Вільшана Сумського району.

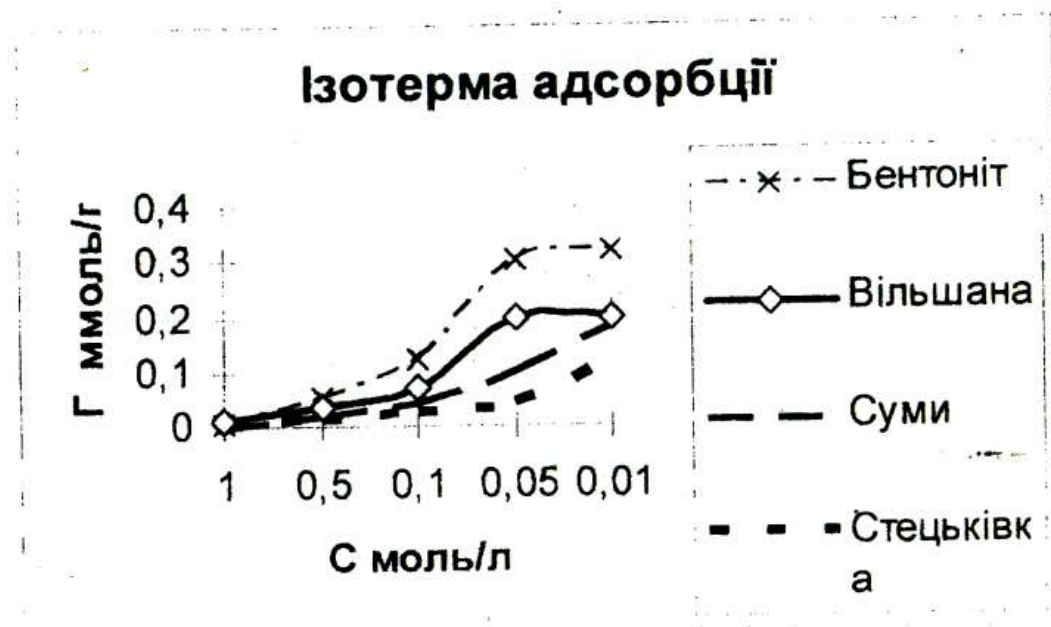


Рис.2 Ізотерма адсорбції іонів амонію на глинистих матеріалах

Крутість ізотерми характеризує розмір мікропор сорбентів. Чим більшою кількістю розвинутих системи мікропор й ультрамікропор володіє сорбент, тим більш крута лінія ізотерми. На рис.2 на прикладі бентоніту ми спостерігаємо наявність розвинутих системи мікропор, про що свідчить досить крута лінія ізотерми адсорбції на даному матеріалі. Пологість лінії на інших адсорбентах свідчить про те, що ізотерма належить перехідно-пористому або макропористому сорбенту.

В результаті проведених досліджень теоретично обґрунтована та практично підтверджена можливість використання у якості сорбентів місцевих глинистих матеріалів. Експериментально підібрані оптимальні параметри процесу сорбції іонів амонію з модельних розчинів хлориду амонію, глинистими матеріалами (тривалість процесу перемішування – 5-6 хвилин, співвідношення в системі Т : Р = 1 : 6)

Досліджена ізотерма адсорбції на глинистих мінералах. Встановлено, що в процесах доочищення стічних вод, де концентрація іонів амонію не перевищує 0,01-0,05 моль/л ефективним є використання місцевих глин з с.Вільшани Сумського району. Використання таких природних місцевих мінералів дозволить поліпшити якість води, що очищується, а також екологічну ситуацію в басейні р. Псел та в районі очисних споруд м. Суми.



# ИОНОМЕТРИЯ КАК ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА БИОСРЕД

*О.В. Свердло, Р.В. Доценко, И.А. Рой, А.П. Манжос*

Одним из современных физико-химических методов анализа биосред является ионометрия - потенциометрический метод исследования состава раствора с использованием ионоселективных электродов (ИСЭ), при помощи которых можно определять концентрацию более 50 катионов, анионов и молекулярных соединений. Наиболее широко применяются электроды, селективные к ионам  $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $CN^-$ ,  $S^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $H^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ , и  $Mg^{2+}$ , ИСЭ для определения содержания газов ( $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $HCl$ ,  $H_2S$ ,  $NO$ ) и органических соединений (ацетилхолина, мочевины и т.д.).

Анализ биологических жидкостей, в том числе на клеточном уровне, выделился в отдельную область практической ионометрии, а необходимость исследования микрообъектов обусловила важность конструирования и изготовления микроэлектродов.

Ионометрия обладает некоторыми принципиальными преимуществами перед другими методами:

1. Позволяет определять активную концентрацию иона или молекулы на фоне его общей концентрации.

2. Измерения можно проводить в непрозрачных, мутных и окрашенных средах и вязких пастах.

3. Время установления равновесного потенциала ИСЭ чаще всего составляет секунды, что позволяет автоматизировать проведение анализа.

4. Относится к группе неразрушающих методов контроля.

5. Характерен широкий диапазон измерений, который находится в пределах  $1 \cdot 10^{-6}$  М, а в некоторых случаях и до  $10^{-8}$  М. Погрешность определения при прямой потенциометрии 2- 10%, при проведении потенциометрического титрования - 0,5-1,0%.

6. Унифицированность аппаратуры, возможность создания стационарных и переносных приборов.

К недостаткам следует отнести следующие:

1. Селективность основной части электродов не так велика, чтобы производить непосредственное измерение активной концентрации анализируемого иона в любой среде.

2. Возможность создания электродов, селективных к многозарядным ионам, ограничена точностью измерения ЭДС.

3. Для всех электродов характерен дрейф стандартного потенциала, что требует периодической проверки градуировки прибора.

Дальнейший прогресс в развитии ионометрии связан с разработкой новых ИСЭ и аналитических методик для определения высокомолекулярных соединений, созданием электродов с твердым внутренним контактом между мембраной и металлическим токоотводом.



# ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ГИДРОЛИЗА САХАРОЗЫ. ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ.

*А.С. Кулиш, Т.А. Хиженяк, С.Ю. Лебедев*

Гидролиз (инверсия) сахарозы — важный процесс, имеющий определяющее значение в сахарной промышленности. Целью настоящего экспериментального исследования являлось установление влияния: 1) концентрации катализатора (сильные кислоты); 2) концентрации сахарозы на кинетику реакции гидролиза и получение математических уравнений, описывающих это влияние.

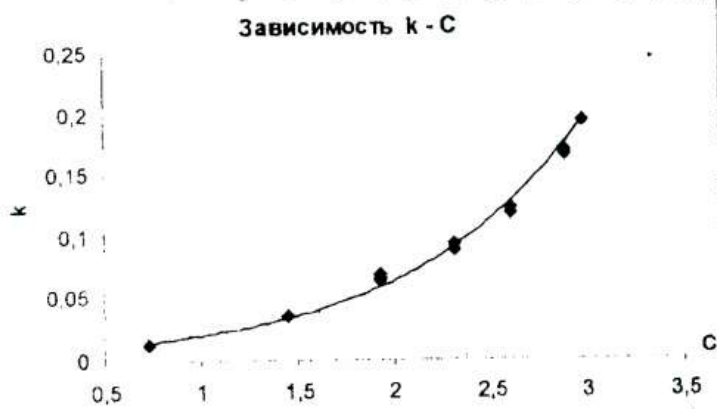
Кинетика гидролиза сахарозы изучалась поляриметрическим методом. В термостатируемую (температура исследования 17 – 40°C, точность её измерения  $\pm 0,05^\circ$ ) поляриметрическую трубку заливалась реакционная смесь, и через определённые промежутки времени измерялся угол вращения плоскости поляризации (не менее 10 замеров). Затем рассчитывалось значение константы скорости реакции гидролиза  $k$ , отвечающее условиям эксперимента. При одних и тех же условиях проводилось 2 – 3 параллельных эксперимента. В качестве катализатора процесса использовались серная или соляная кислоты с заранее установленной концентрацией  $C$  (диапазон изменения концентрации кислот 0,5 – 3 моль/л). Отдельно проводилось изучение влияния концентрации раствора сахарозы на константу скорости: для исследования брались растворы сахарозы концентрации 0,15 и 0,30 моль/л.

Установлено отсутствие влияния концентрации раствора сахарозы на константу скорости реакции, что полностью соответствует литературным данным. При изучении влияния концентрации катализатора в реакционной смеси на кинетику процесса оказалось, что это влияние при постоянной температуре хорошо описывается экспоненциальной зависимостью:  $k = k_0 \exp(a \cdot C)$  (см. рис).  $k_0$  можно интерпретировать как константу скорости реакции в отсутствие катализатора ( $C = 0$ ), а коэффициент  $a$  возможно связан с взаимной пространственной ориентацией молекул сахарозы и катализатора.

Рассчитаны коэффициенты ( $k_0$  и  $a$ ), отвечающие разным температурам. Коэффициент  $a$  не зависит от температуры и равен  $\approx 1,17$ . Коэффициент  $k_0$  сильно зависит от температуры.

Использование в качестве катализатора серной и соляной кислот привело к очень близким

результатам, что, вероятно, подтверждает отсутствие заметного влияния кислотного остатка на механизм реакции гидролиза сахарозы.





# ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ГИДРОЛИЗА САХАРОЗЫ. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ.

Т.А. Хижняк, А.С. Кулиш, С.Ю. Лебедев

Целью данного исследования являлось изучение кинетики гидролиза сахарозы при разных температурах и концентрациях катализатора и установление эмпирической зависимости, описывающей это влияние.

Для исследования брались растворы сахарозы с концентрацией 0,15 моль/л, которые смешивались с растворами серной кислоты концентрации 0,7 – 3 моль/л. Изучение кинетики проводили поляриметрическим методом при пяти температурах в интервале 17 – 40°C. Температура регулировалась контактным термометром с точностью  $\pm 0,05^\circ$ . При каждой температуре и концентрации катализатора проводилось 2 – 3 параллельных измерения. Результаты кинетических экспериментов приведены в таблице.

С <sub>кат.</sub> моль/л	Константа скорости реакции k (мин <sup>-1</sup> ) при температуре Т,К				
	291,05	296,25	301,35	306,25	311,35
0,73	0,00319	0,00652	0,0131	0,0239	0,0491
1,45	0,00915	0,0180	0,0364	0,0690	0,1352
1,93	0,0153	0,0330	0,0658	0,1161	0,2324
2,31	0,0226	0,0471	0,0910	0,1753	0,3689
2,60	0,0294	0,0637	0,1202	0,2255	
2,90	0,0394	0,0835	0,1663	0,2928	
2,97		0,0890	0,1920	0,3072	

Теория активированного комплекса описывает константу скорости реакции k теоретическим уравнением:

$$k = kT/h \exp(-\Delta H/RT) \exp(\Delta S/R),$$

где k и h – постоянные Больцмана и Планка;  $\Delta H$  и  $\Delta S$  – энтальпия и энтропия активации реакции;  $\Delta H = E_a - RT$ ,  $E_a$  – энергия активации реакции.

Проведённая обработка экспериментальных результатов позволила нам предложить для расчёта константы скорости реакции эмпирическое уравнение:

$$k = 5,29 \cdot 10^{14} \cdot \exp(-11750/T) \cdot \exp(1,166 \cdot C),$$

где C – молярная концентрация серной кислоты в реакционной смеси.

Предложенное уравнение с погрешностью 0 - 10% описывает экспериментальные данные и позволяет рассчитать энтальпию, энтропию и энергию активации реакции гидролиза сахарозы. Предэкспоненциальный множитель находится в хорошем соответствии с теоретическим значением.

Следует подчеркнуть, что полученное нами итоговое уравнение применимо для больших концентраций катализатора и существенно отличается от уравнения, которое описывает область малых ( $10^{-1} - 10^{-7}$  моль/л) концентраций.



# ПРОБЛЕМА УТИЛІЗАЦІЇ ФОСФОГІПСУ

*І.С. Клименко, Ю.В. Ліцман*

Фосфогіпс є головним відходом у виробництві екстракційної фосфатної кислоти, яка використовується для отримання фосфатних добрив. У процесі виробництва фосфатної кислоти на 1 т  $P_2O_5$  отримують від 3,6 до 6,2 т фосфогіпсу.

Фосфогіпс – це суміш, яка містить до 94% напівводного гіпсу, залишки фосфатів кальцію, фосфатну кислоту, флуоридну кислоту, сульфати феруму та алюмінію, пісок, сполуки стронцію, різноманітні мікродомішки (рідкісноземельні елементи, Mo, Co, Mn, Cu, Zn) та ін.

Таким чином наявність значних запасів (щорічно на хімічних підприємствах світу утворюється 120 млн.т фосфогіпсу) і якісний склад фосфогіпсу зумовлює необхідність створення технологій його переробки. Зауважимо також, що фосфогіпс має негативний вплив на навколишнє середовище він має. Саме тому у багатьох країнах світу проводяться дослідження з метою створення способів переробки фосфогіпсу. До основних напрямів його утилізації відносять такі: в якості меліоранту з удобрюючими властивостями для закислених та засолених ґрунтів у сільському господарстві; в якості в'язучих та основи для виробів (плити, будівельні блоки та інше) у виробництві будівельних матеріалів; як матеріал для основи доріг у дорожньому будівництві; в якості регулятора терміну схоплення цементу, мінералізатора в процесі обпалу цементного клінкеру у цементній промисловості; для одержання сульфатної кислоти та цементу (або вапна) у хімічній промисловості; виробництві паперу і фарб – як наповнювач.

Серед новітніх напрямів переробки фосфогіпсу запропоновано технологію, використання якої дозволить отримувати оксиди та солі рідкісноземельних елементів.

Отже, розроблено різні технології утилізації фосфогіпсу. Але ступінь його використання залишається низьким і становить тільки 2%. Найбільшу кількість фосфогіпсу використовують у виробництві цементу (Болгарія, Чехія, Греція, Швеція), сільському господарстві (Франція, Греція, Іспанія, США), у виробництві сульфатної кислоти (Австрія, Польща). Японія за відсутності запасів природного гіпсу повністю задовольняє свої потреби в ньому за рахунок фосфогіпсу.

У відвалах хімічних підприємств України знаходиться близько 30 млн.т. фосфогіпсу, зокрема у відвалах ВАТ “Суміхімпром” 13,9 млн.т. В останні роки на хімічних підприємствах нашої країни фосфогіпс не переробляється, а лише складається. Так відвал фосфогіпсу ВАТ “Суміхімпром” заповнений на 60 %, завантажувати його буде можна ще 10 років.

Таким чином, проблема впровадження існуючих і розробки новітніх технологій утилізації фосфогіпсу є актуальною у світі, і, зокрема, в Україні.



# ПРИКЛАДНА ЕКОЛОГІЯ



# ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ЭТИЛОВОГО СПИРТА

*В.Л. Куценко*

С развитием новых технологий, в условиях развивающегося эколого-экономического кризиса, встает вопрос понижения материалоемкости оборудования, экономичного использования сырья, энергетических ресурсов и минимизации риска возникновения экологических катастроф. При этом самым важным вопросом является интенсификация технологических процессов, в том числе переработки отходов и вторичного сырья, и создания для этого малогабаритного и экономичного оборудования, что соответствует современной ситуации.

Так в процессе перегонки бражки и ректификации спирта получают отходы и побочные продукты, одним из которых является эфиральдегидная фракция (ЭАФ). В состав ЭАФ входит этиловый спирт, концентрация которого превышает 90% (мас.) и различные летучие компоненты, качественный и количественный состав которых различается главным образом в зависимости от вида сырья от 18 до 23 компонентов. Выход ЭАФ в процессе брагоректификации на заводах Украины составляет приблизительно 1,5-5%. Таким образом ЭАФ представляет собой многокомпонентную смесь этилового спирта с летучими примесями в соотношении, которое зависит от концентрации последних.

Существуют два вида подхода к решению проблемы утилизации такого отхода производства.

Первый – на основании использования эфиральдегидной фракции как сырьевой базы для получения готового продукта, представляющего собой денатурированный технический этиловый спирт, полученный непосредственно из некондиционных побочных продуктов получения пищевого спирта. В таком случае технический спирт будет удовлетворять некоторым устаревшим стандартам качества продукта, но вместе с тем будет теряться часть ценных и востребованных в народном хозяйстве компонентов эфиральдегидной фракции. Причем, учитывая тенденции переработки таких видов отходов производства этанола в топливный этанол, в который при процессе абсолютирования будут попадать все компоненты головного характера, можно заключить, что такой продукт будет иметь потенциальную опасность интенсификации загрязнения окружающей среды и в первую очередь атмосферы, поверхностных вод и почв, за счет увеличения разнообразия качественного состава загрязняющих смесей. Например, вовлечение такого компонента эфиральдегидной фракции как метанол в состав топливных смесей этанола и бензина, потенциально может повлиять



на повышение содержания в выхлопных газах такого опасного канцерогена как формальдегид.

Второй подход к переработке отходов производства этилового спирта основан на проведенных теоретических исследованиях Цыганкова, в частности, по способу выделения этилового спирта с ЭАФ в условиях спиртовых заводов с целью возвращения этанола в производственный цикл при помощи разгонки эфираальдегидной фракции. При этом получают концентрированную смесь головных компонентов, КЭАФ, которую возможно разогнать на составляющие компоненты при проведении процессов тонкой ректификации.

Однако установка разгонных колонн целесообразна на средних и больших заводах. На заводах производительностью меньше 3 тыс. дал/сут установка разгонных колонн экономически не целесообразна. Таким образом, сегодня значительное количество спиртовых заводов Украины вынуждены отправлять отходы производства, в частности ЭАФ, на предприятия, которые имеют установки для их централизованной разгонки, то есть имеют технологические схемы так называемого открытого типа с характерными отходами производства. При этом в процессе хранения и транспортирования таких продуктов существенно повышается экологический риск, связанный с возможностью проникновения этанола и некоторых других веществ в окружающую среду.

Использование многокомпонентных отходов производства этилового спирта, в частности ЭАФ, непосредственно на предприятиях, где происходит их образование, предполагает выделение из состава отходов отдельных компонентов, однако при этом возникает необходимость создания технологии переработки многокомпонентных смесей с близкими температурами кипения и значениями относительной летучести.

Одним из путей решения поставленной задачи есть организация взаимодействия фаз в поле центробежных сил. Данный способ конструктивно реализуется в роторных ректификационных аппаратах (РРА), которые позволяют достичь высокой степени деления при сравнительно небольших габаритных размерах, энергетических затратах и низкой металлоемкости оборудования.

Такое проведение массообмена имеет принципиально новое отличие, которое заключается в возможности регулирования силовых полей в которых протекают технологические процессы, что позволяет повышать относительные скорости взаимодействующих фаз, количество энергии затрачиваемой на турбулизацию среды, и тем значительно увеличивать градиент концентраций на развитой турбулизированной межфазной границе, что в свою очередь создает предпосылки экономичного использования РРА для проведения интенсифицированных процессов тонкой ректификации веществ с близкими температурами кипения, как, например, ЭАФ или КЭАФ, при переработке отходов производств спиртовой промышленности и экологизации производственных циклов.



# ИНТЕНСИФИКАЦИЯ МАССООБМЕНА В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ

*В.Л. Куценко*

Снижение природоемкости техногенного комплекса может достигаться внедрением так называемых малоотходных и безотходных технологий в производстве, а также использованием вторичных ресурсов и отходов производства как сырьевой базы для производственных процессов. На сегодняшний день при производстве этилового спирта, равно как в химической и нефтехимической промышленности, эксплуатируется высотное колонное оборудование, которое отличается большой материалоемкостью, и металлоемкостью в частности. Использование многокомпонентных отходов производства этилового спирта как вторичного сырья предполагает необходимость проведения тонкой ректификации на экономичном и высокоинтенсивном массообменном оборудовании для выделения отдельных фракций отходов спиртового производства как готовой продукции, что позволяет охарактеризовать такую технологию как экологичную и малоотходную.

При анализе возможных путей интенсификации процессов массопередачи в системах газ(пар)-жидкость, которые являются основными при производстве спирта, обнаруживается, что использование модернизированного тарельчатого и насадочного колонного оборудования не позволяет проводить необходимые процессы для децентрализованной переработки отходов производства этилового спирта. Данная проблема заключается в ограниченной возможности управления технологическими процессами, которая обусловлена верхним пределом относительных скоростей взаимодействующих фаз, что лимитируется достижением точки инверсии и захлебыванием аппаратов при достижении предельных объемов контактирующих фаз.

Решить данную проблему можно при условии управления силовыми полями, в которых протекают динамические процессы тепломассообмена. Такое управление на данном этапе развития науки возможно при условии использования полей центробежных сил. Данный способ конструктивно реализуется в роторных ректификационных аппаратах (РРА), которые позволяют достичь высокой степени разделения при сравнительно небольших габаритных размерах, энергетических затратах и низкой металлоемкости оборудования. Ротор в РРА используется как для организации взаимодействия фаз на поверхности постоянно обновленной пленки жидкости, так и в качестве диспергирующего устройства, что объединяет обе эти функции. Так взаимодействие контактирующих фаз в роторных массообменных аппаратах, при использовании соответствующих



контактных элементов, идет на развитой турбулизированной межфазной поверхности, которая продуцирует интенсивный тепломассообмен.

Для исследования тепломассообмена в поле центробежных сил были проведены опыты на исследовательском стенде, представляющем собой РРА. Более рациональное использование таких ресурсов как металлоемкость оборудования, площадь производственных помещений, энергетических затрат на проведение интенсифицированных технологических процессов, позволяет сделать выводы о опосредованном снижении техногенной нагрузки на окружающую природную среду при внедрении экологичных технологий переработки отходов производства с применением компактного высокоэффективного тепломассообменного оборудования. За основу разработки контактных элементов была поставленная задача создания таких, которые могут продуцировать достаточную удельную и развитую межфазную поверхность, и при этом имеют относительно увеличенное время контактирования без увеличения габаритов аппарата. Это возможно достичь при организации взаимодействия фаз в режиме перекрестного движения.

Испытания проводились методом ректификации бинарной смеси этанол-вода, при полном возврате флегмы, на пакете насадки, представляющей собой ряд взаимно перекрывающихся металлических лопаток, расположенных по спирали Архимеда таким образом, что каждая последующая от центра лопатка перекрывалась предыдущей с образованием зазора для прохождения газовой фазы. Ротор приводился в движение электродвигателем постоянного тока через ременную передачу. Частота вращения ротора регулировалась в пределах от 0 до 3000 об/мин. Вследствие того, что определение поверхности контакта фаз в исследуемом аппарате представляет значительные трудности из-за вероятностного характера площади поверхности жидкой фазы в зонах разрыва пленки и дробления ее на отдельные капли. Кинетику процесса массообмена характеризовали высотой единицы переноса в жидкой фазе.

В результате проведенных опытов было найдено, что эффективность массообмена с увеличением числа оборотов ротора повышается, величина высоты единицы переноса по радиусу достигает порядка 15-20 мм при частоте 800 об/мин и более. Следует отметить, что в обычных насадочных колоннах высота единицы переноса при ректификации составляет 200-600 мм. Контактная ступень аппарата характеризуется сравнительно высоким перепадом давления, что является следствием наложения дополнительного сопротивления за счет центробежных сил и характеристикой более интенсивного взаимодействия контактирующих фаз. Характерной особенностью является резкое повышение гидросопротивления при достижении скорости вращения ротора 600 об/мин при различных плотностях орошения. Это можно объяснить тем, что в насадке происходит перенаправление характера взаимного движения взаимодействующих фаз с противоточного на сонаправленное, с чем связано дальнейшее снижение сопротивления насадки при увеличении скорости вращения ротора.



# ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОСАДКОВ ВБЛИЗИ КРУПНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ Г. СУМЫ МЕТОДОМ АТОМНОЙ АБСОРБЦИИ

*О.Е. Аверкова, М.В. Костина, Т.С. Тимошенко, Т.Ю. Бородавко*

Уже давно ни у кого не вызывает сомнения необходимость контроля объектов окружающей среды (ОС), поскольку их состояние непосредственно влияет на состояние человека: его здоровье, работоспособность, интеллект.

Благодаря таким исследованиям в последние десятилетия открыты многие влияния, которые оказывает избыток или недостаток определенных веществ в окружающей среде: влияние селена, йода, меди, цинка, кадмия и др. компонентов. Все эти соединения можно довольно легко определить с помощью физико-химических методов анализа.

Одним из физико-химических методов является метод атомной абсорбции, основанный на поглощении электромагнитного излучения (света) определенной длины волны свободными атомами определяемого элемента в соответствии с законом Ламберта-Бугера-Бэра. Этот метод наряду с его относительной простотой в применении не требует длительной подготовки пробы, то есть обладает двумя из перечисленных характеристик — экспрессностью и селективностью, имеет необходимые чувствительность, воспроизводимость и диапазон определяемых концентраций, который охватывает ПДК данных элементов в объектах ОС. Благодаря этим качествам атомная абсорбция стала одним из широко распространенных и применяемых методов массового анализа объектов окружающей среды.

В данной работе была поставлена задача исследовать вышеописанным методом состав осадков, собранных вблизи крупных промышленных объектов г. Сумы: производственного объединения ОАО «Сумыхимпром», СНПО им. Фрунзе, улица Харьковская. Целью такого исследования была получение информации о степени влияния этих объектов на состояние окружающей среды города Сумы.

Твердые (снег) и жидкие осадки, талые воды были отобраны на улице Харьковской, а так же вблизи территории ОАО «Сумыхимпром» и СНПО им. Фрунзе в марте-апреле. Отобранные пробы были подготовлены в соответствии с методикой исследования содержания тяжелых металлов (ТМ) на спектрофотометре с электротермическим анализатором С-600.

Ряд проб был измерен на спектрофотометре с пламенным атомизатором для проверки правильности результатов. Данные были обработаны статистическим методом для получения метрологических параметров методики.

Полученные результаты по содержанию ТМ позволили судить о степени влияния данных объектов на окружающую среду города Сумы.



# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ФОСФОРИТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФОСФОР СОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

*Н.И. Андриенко*

Месторождения фосфоритов Украины является мощным резервом, благодаря чему они заслуживают на широкое использование.

Известно, что сырье Украинских месторождений в ряде случаев характеризуется низким содержанием биогенных элементов, в частности фосфора, и имеет довольно большое количество сопутствующих веществ, среди которых значительное место занимают токсичные элементы. Приоритетный интерес для службы мониторинга представляют ТМ. В значительной мере это связано с тем, что многие из них являются биологически активными. Кроме того, они не подлежат трансформации, т.е. не разрушаются, как это свойственно органическим веществам, и, попав однажды в биогеохимический цикл, крайне медленно оставляют его.

Крупнейшим месторождением пластовых фосфоритов которое находится на территории Казахстана, является Каратау.

Фосфориты Каратау принадлежат к типу пластовых геосинклинальных фосфоритов, по сравнению с другими месторождениями фосфоритов, отличаются не только большой мощностью слоев, но и высоким качеством. Наряду с этим фосфориты Каратау являются дорогостоящим сырьем. Фосфор содержащие минеральные удобрения будут неконкурентоспособными в виду их высокой себестоимости, к тому же запасы месторождения постоянно уменьшаются.

Основной сырьевой базой, для производства минеральных удобрений являются Африканские фосфориты (Алжир, Тунис, Марокко). Негативными показателями их использования является большое содержание в них тяжелых металлов, высокое содержание радиоактивных веществ, по сравнению с фосфоритами Каратау.

Основными причинами использования африканских фосфоритов можно считать:

- Большие запасы фосфоритов;
- Относительная дешевизна; (по сравнению с апатитами или фосфоритами более высокого качества);
- Возможность повышения качества фосфоритов путем удаления тяжелых металлов из сырья;
- Переработка африканских фосфоритов не влечет за собой коренного изменения технологического процесса.



# ЗАВИСИМОСТЬ ЧИСЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ОТ СЛУЧАЙНОГО РАСБРОСА ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА ВЫБРОСОВ

*А.В.Артамонова, В.А.Долодаренко, В.В.Фалько*

Для решения задач охраны окружающей среды на предприятиях различных отраслей промышленности широко применяются источники в виде дымовых труб выброса в атмосферу оставшихся после очистки вредных веществ. Такие источники рассматриваются как точечные [1,2]. Они позволяют рассеять вредные вещества до уровня предельно допустимых концентраций (ПДК) [3], и тем самым обеспечить безопасность жизнедеятельности человека.

При проектировании и строительстве предприятий возникает необходимость решения проблемы оценки экологического риска от их деятельности. Требование оценки выдвигается в нормативной документации [4], однако в настоящее время отсутствует соответствующая методика, которую можно было использовать в проектах, поэтому разработки в данной области весьма актуальны.

В ряде работ [5 - 8] были проведены определенные исследования по оценке составляющей экологического риска, обусловленной химическим и пылевым загрязнением атмосферы. В работе [5] сделана постановка и дано решение задачи оценки составляющей экологического риска для человека от загрязнения атмосферного воздуха выбросами точечного источника.

Задача включает разработанную с использованием метода линеаризации [9] стохастическую математическую модель определения поля концентраций вредных загрязняющих веществ. Составляющая экологического риска при этом определяется как вероятность превышения стохастическим полем концентраций в заданной точке местности величины разовых ПДК для человека. Стохастический характер математической модели поля концентраций определяется влиянием случайных возмущающих факторов. Такими возмущающими факторами являются проектные параметры источника выбросов [2, 5]. Это – масса  $M_j$  (г/с)  $j$ -го загрязняющего вещества, выбрасываемая в атмосферу в единицу времени; безразмерный коэффициент  $F_j$ , учитывающий скорость оседания  $j$ -го загрязняющего вещества в атмосферном воздухе; высота  $H$  (м) источника выброса над уровнем земли; диаметр  $D$  (м) устья источника выброса; средняя скорость  $\omega_0$  (м/с) выхода воздушной смеси из устья источника



выброса; температура  $T_2$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) выбрасываемой газовой смеси; координаты  $x$ (м) по оси факела выброса и  $y$ (м) по перпендикуляру к оси факела от источника до рассматриваемой точки ( границы жилой зоны, санитарно-защитной зоны и т.п.);  $\Delta C$  - погрешность методики определения концентраций.

Влияние возмущающих факторов на концентрации загрязняющих веществ в математической модели [5] определяется с использованием первых частных производных концентраций по возмущающим факторам. Однако, в [5] эти производные не раскрыты, что не позволяет конкретизировать алгоритм решения задачи. Поэтому целью настоящей работы являлось получение в соответствии с разработанным в [5] подходом первых частных производных концентраций по перечисленным возмущающим факторам. Производные позволяют определить числовые характеристики плотности распределения концентраций и оценить искомую составляющую экологического риска.

В [5] первые частные производные должны определяться на основании детерминированной зависимости концентраций  $C_j$  от указанных проектных параметров источника горячих выбросов и характеристик внешней среды, которая для точечного источника имеет вид

$$C_j = C_{1j} + \Delta C_{\phi j} + \Delta C, \quad (1)$$

$$\text{где } C_{1j} = \frac{A M_j F_j m n \eta}{H^2 \sqrt[3]{\frac{\pi D^2}{4} \omega_0 (T_2 - T_a)}} r(u) \cdot S_{1j}(x) \cdot S_2(x, y), \quad (2)$$

и (кроме перечисленных выше проектных параметров источника)  $A$  - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;  $m$  и  $n$  - коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса и зависящие, в частности, от проектных параметров  $H, D, \omega_0, T_2$ ;  $\eta$  - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, зависящий в частности от величины  $H$ ;  $T_a$  - температура окружающего воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ );  $r(u)$  - коэффициент, учитывающий влияние величины скорости ветра  $u$  (м/с), а также проектных параметров  $H, D, \omega_0, T_2$  [2];  $S_{1j}(x), S_2(x, y)$  - коэффициенты, учитывающие влияние изменения расстояний  $x$  (м) от источника вдоль оси факела и  $y$  (м) по перпендикуляру к оси факел. При этом  $S_{1j}(x)$  зависит также от проектных параметров  $F_j, H, D, \omega_0, T_2$  [2];  $C_{\phi j}$  - фоновая концентрация  $j$ -го загрязняющего вещества ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ).



В соответствии с методом линеаризации [9] для определения первых частных производных концентраций  $C_j$  по возмущающим факторам функция (1) должна рассматриваться при значениях аргументов, равных математическим ожиданиям возмущающих факторов.

С учетом отмеченных функциональных связей между концентрацией  $C_j$  и проектными параметрами искомые производные можно представить в виде :

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_j}{\partial M_j} &= \frac{C_{1j}}{M_j}; \quad \frac{\partial C_j}{\partial \Delta C} = 1; \quad \frac{\partial C_{1j}}{\partial F_j} = \frac{C_{1j}}{F_j} + \frac{C_{1j}}{S_{1j}} \cdot \frac{\partial S_{1j}}{\partial F_j}; \\ \frac{\partial C_j}{\partial x} &= \frac{C_{1j}}{S_{1j}} \cdot \frac{\partial S_{1j}}{\partial x} + \frac{C_{1j}}{S_2} \cdot \frac{\partial S_2}{\partial x}; \quad \frac{\partial C_j}{\partial y} = \frac{C_{1j}}{S_2} \cdot \frac{\partial S_2}{\partial y}; \\ \frac{\partial C_j}{\partial H} &= -\frac{2C_{1j}}{H} + \frac{C_{1j}}{m} \cdot \frac{\partial m}{\partial H} + \frac{C_{1j}}{n} \cdot \frac{\partial n}{\partial H} + \frac{C_{1j}}{\eta} \cdot \frac{\partial \eta}{\partial H} + \frac{C_{1j}}{r} \cdot \frac{\partial r}{\partial H} + \frac{C_{1j}}{S_{1j}} \cdot \frac{\partial S_{1j}}{\partial H} \quad (3) \\ \frac{\partial C_j}{\partial D} &= \frac{2}{3} \cdot \frac{C_{1j}}{D} + \frac{C_{1j}}{m} \cdot \frac{\partial m}{\partial D} + \frac{C_{1j}}{n} \cdot \frac{\partial n}{\partial D} + \frac{C_{1j}}{r} \cdot \frac{\partial r}{\partial D} + \frac{C_{1j}}{S_{1j}} \cdot \frac{\partial S_{1j}}{\partial D}; \\ \frac{\partial C_j}{\partial \omega_0} &= \frac{C_{1j}}{3\omega_0} + \frac{C_{1j}}{m} \cdot \frac{\partial m}{\partial \omega_0} + \frac{C_{1j}}{n} \cdot \frac{\partial n}{\partial \omega_0} + \frac{C_{1j}}{r} \cdot \frac{\partial r}{\partial \omega_0} + \frac{C_{1j}}{S_{1j}} \cdot \frac{\partial S_{1j}}{\partial \omega_0}; \\ \frac{\partial C_j}{\partial T_c} &= -\frac{C_{1j}}{3(T_c - T_g)} + \frac{C_{1j}}{m} \cdot \frac{\partial m}{\partial T_c} + \frac{C_{1j}}{n} \cdot \frac{\partial n}{\partial T_c} + \frac{C_{1j}}{r} \cdot \frac{\partial r}{\partial T_c} + \frac{C_{1j}}{S_{1j}} \cdot \frac{\partial S_{1j}}{\partial T_c}. \end{aligned}$$

На основании методики ОНД-86 [2] раскрыты частные производные, входящие в правые части полученных зависимостей (3). При этом

производная  $\frac{\partial S_{1j}}{\partial q_i}$  ( $q_i = x, H, D, \omega_0, T_c$ ) зависит от безразмерной величины

$\frac{x}{x_{Mj}}$  и проектных параметров  $F_j, H, D, \omega_0, T_c$  ( $x_{Mj}$  - рассеивание от

источника выбросов, на котором приземная концентрация  $C_j$  при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального

значения). Каждая производная  $\frac{\partial m}{\partial q_i}, \frac{\partial n}{\partial q_i}, \frac{\partial r}{\partial q_i}$  ( $q_i = H, D, \omega_0, T_c$ )

является функцией аргументов  $H, D, \omega_0, T_c$ .



Даны особенности полученных результатов для холодных выбросов и предельно малых опасных скоростях ветра. Полученные зависимости первых частных производных концентрации загрязняющих веществ по проектным параметрам точечного источника выбросов позволяют в соответствии с материалами [5] аналитически определить приближенные составляющие значений числовых характеристик (среднеквадратических отклонений, корреляционных моментов) плотности случайного распределения поля концентраций в заданной точке окрестности источника и использовать их при оценке экологического риска. Так как полученные производные зависят от проектных параметров источника выбросов, то, меняя последние, можно оказывать влияние на величину составляющей экологического риска от загрязнения источником атмосферного воздуха.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. -Л.: Гидрометеиздат, 1985.-272с.

2. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Л.: Гидрометеиздат, 1987.-94с.

3. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе и воде. -Л.: Химия, 1975.-456с.

4. ДБН А.2.2.-1-2003. Склад і захист матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. -К.: Держкомбударх, Мінекобезпеки України, 2003.-19с.

5. Применение методов системного анализа, аэродинамики приземного слоя и теории надежности для оценки экологического риска. /Артемонова А.В., Долодаренко В.А., Фалько В.В. и др.//Екологія і природокористування. 2003.-№6.- с.194-199.

6. Разработка стохастической математической модели загрязнения атмосферы воздуха с использованием метода статистических испытаний и ее применение для оценки экологического риска. /Артемонова А.В., Долодаренко В.А., Фалько В.В. и др.// Екологія і природокористування. 2003.-№5.- с.231-236.

7. Уточнение при оценке экологического риска влияния малых случайных отклонений направления ветра на распределение концентраций загрязняющих атмосферный воздух веществ. /Артемонова А.В., Фалько В.В.// Вісник Сумського державного університету.- 2004.-№13(72).-с.92-99.

8. Уточнение математической модели для оценки экологического риска от загрязнения атмосферы выбросами одиночного точечного источника. /Артемонова А.В., Долодаренко В.А., Фалько В.В. и др.// Екологія і природокористування. 2004.-№7.- с.175-180

9. Венцель Е.С. Теория вероятностей: Учебник для вузов, 6-е изд.- М.: Высшая школа, 1998.-576с..



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИЗИМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРИ ФИЛЬТРАЦИИ ОТДЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ НЕФТИ В ГРУНТ

*И. В. Васькина, В. А. Тюленева*

В настоящий момент нефтяное загрязнение почв получило достаточно широкое распространение в связи с разливами ее при авариях на нефтепроводах, в районах добычи и хранения нефтепродуктов.

Установлено, что нефть лучше проникает в глубокие слои почвы при условиях достаточного ее увлажнения, но тем не менее каждый слой почвы играет роль своеобразного фильтра, который оставляет в себе разные фракции. В основном, легкие нефтяные фракции и парафины оседают в верхнем, 10 – 20 см слое почвы, делая пахотный горизонт непригодным для использования в сельскохозяйственном производстве.

Нами был использован лизиметрический способ для изучения фильтрации нефти или ее фракций на глубину 0,5 м и 1 м. Методика исследования взята из опыта ГГИ (Ленинград, 1973 г.). Эта методика ранее использовалась только для определения химического состава профильтрованной воды через толщу почвенного покрова.

Опыт с лизиметрами (всего 2) был заложен осенью 2005 года на черноземных почвах с суглинистым механическим составом. Каждый из них представлял собой ненарушенный монолит грунта площадью в 1 м<sup>2</sup> и глубинами 0,5 м и 1 м. Монолита были изолированы от боковой фильтрации и имели поверхностные бортики до 5 см, внизу имелся поддон на котором должна собираться профильтрованная влага. Первый монолит (глубиной 0,5 м) был залит нефтью слоем 2 см в сухом состоянии (октябрь 2005) при отсутствии атмосферных осадков. Второй монолит был также залит нефтью слоем 2 см, но после выпадения осадков, в сумме не менее 20 мм (декабрь 2005 г.). Надо заметить, что температурный режим вплоть до 10.01.2006 г. был позитивным.

Результаты исследования показали, что в первом монолите на 25.03.06 г. влаги не оказалось вовсе (вероятно, достаточно высокий процент парафинов создали плотную корку в грунте до глубины менее 0,5 м), а во втором случае в воде, прошедшей через метровый монолит оказались частички нефти с высоким содержанием сероводородов. Это подтверждает наши предположения об опасности сероводородного загрязнения грунтов на достаточно большую глубину, а также возможном его проникновении вплоть до грунтовых вод.



# КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ

*А.Ю. Гаврик*

Землетрясение – не внезапное событие, а процесс, который готовится продолжительное время и обнаруживает себя в различных физических проявлениях. Знание этого обусловило открытие предвестников землетрясений, существование которых в настоящее время можно считать достоверно установленным. Они играют большую роль в понимании процесса возникновения и протекания землетрясений и создают основу для прогноза землетрясений.

Каковы источники наших знаний о землетрясениях?

Во-первых, это явления, которые мы наблюдаем как на поверхности Земли, так и на некоторой глубине в шахтах и скважинах в процессе подготовки и во время землетрясений.

Во-вторых – это данные лабораторных экспериментов по деформированию и разрушению горных пород и модельных материалов. В этих условиях возможно физическое моделирование отдельных элементов многопланового процесса подготовки и протекания землетрясения.

В-третьих – это данные геофизики и геологии о строении и составе земных недр, о глобальных и региональных процессах, для которых землетрясение – обыденный процесс.

В-четвёртых – общие законы физики и, в частности механики.

В настоящее время известно много моделей землетрясений, однако ни одна из них неспособна полностью объяснить весь комплекс предшествующих явлений. К последним относятся деформации и наклоны земной поверхности, изменения скорости сейсмических волн, электросопротивления горных пород, возникновение электромагнитного излучения, ионосферных и световых эффектов, а также прочих явлений вроде определённой реакции животных.

Космический мониторинг землетрясений занимает особое место в прогнозе природных катастроф. Он использует несколько разнообразных методов прогноза, начиная с одного из древнейших – картирования мест наиболее частого проявления природных катастроф и заканчивая прогнозом землетрясений по сопутствующим атмосферным явлениям.

Основной проблемой космического мониторинга землетрясений является то, что прогноз подобных явлений должен включать указания о месте, времени и интенсивности сейсмического толчка, причём с высокой степенью точности. В противном случае этот прогноз может привести больше вреда чем пользы.

Таким образом, для наиболее достоверного и точного прогноза землетрясений космический мониторинг Земли следует использовать как часть квалифицировано и научно обосновано комплекса мер по прогнозированию с учётом местных особенностей территории.



# МЕТОДЫ ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРЫ

*А.Ю. Гаврик, Л.А. Гладкая*

Характерной особенностью развития цивилизации является рост и усиление риска ее существования. Жизнь постоянно выдвигает и ставит перед человечеством различные неотложные проблемы. В отдельные моменты развития возникают резкие обострения противоречий между природой и обществом, или в самом обществе, или в связи с ситуацией природного характера, вызванной различными катаклизмами – это часто непредвиденные явления природы, которые создают катастрофическую обстановку, нарушают нормальную жизнь населения, разрушают строения, сооружения, угрожают жизни и приводят к гибели людей, животных, уничтожают материальные и культурные ценности.

Это потенциально опасный природный процесс, происходящий в определенном районе и географической зоне земного шара. Стихийные бедствия, в частности, землетрясения часто возникают на границе раздела физически различных природных сред – море и суша – наносят значительный материальный ущерб.

— Поэтому установление связей между процессами в литосфере и атмосфере до землетрясений и после них – актуальная задача, которую можно решать с использованием космических методов наблюдения атмосферы и поверхности Земли.

Результаты исследований атмосферных, гидрогеологических и других процессов на земной поверхности свидетельствуют, что при землетрясениях наблюдаются такие явления: повышается температура воды, почв и воздуха на больших площадях, а также концентрация газов в приземном слое атмосферы; наблюдаются резкие изменения погоды – бури, грозы; падение атмосферного давления; деформация земной поверхности; электромагнитные явления в атмосфере; линейные аномалия облачности.

В качестве полигонов для изучения связей между сейсмической активностью и процессами выбросов природных примесей из земных недр, избрано два участка Азово-Черноморского региона: первый находится в районе грязевого вулкана Двуреченского, другой – в северо-восточной части Чорного моря (шельф и континентальный уклон на юг от Керченского полуострова).

С точки зрения использования космического мониторинга для прогноза землетрясений перспективным является использование метода анализа линейных аномалий облачности, предложенного в работе Л.И.Морозовой «О современных тектонических процессах Туранской плиты и его горного обрамления.»



Таким образом, исследовано возможности методов прогноза землетрясений с использованием космического мониторинга атмосферы и Земли. На основе вышеизложенных наблюдений можно сделать вывод, что комплексный статистический анализ данных космического мониторинга Земли с целью обнаружения проявлений процессов выбросов природных примесей из земных недр, линейных аномалий облачности атмосферы и аномалий метеорологических параметров может быть одной из составляющих прогноза катастрофических землетрясений.

Список литературы

1. Гладкая Л.А., Пляцук Л.Д. Безопасность жизнедеятельности человека: Учебное пособие – Сумы: из-во «Университетская книга», 2000.
2. ISSN 1025-6415 Доповіді Національної академії наук України. 2005, № 9.

## РАЗВИТИЕ ПРОДУКТИВНОГО МЫШЛЕНИЯ

*Л.С. Бровенко*

Общая характеристика видов мышления:

1. Соотношение продуктивных и репродуктивных компонентов мыслительной деятельности.
2. Продуктивное мышление. Условие его возникновения – наличие проблемной ситуации, способствующей осознанию потребности в открытии новых знаний, стимулирующий высокую активность решающего проблему субъекта.
3. Основные показатели продуктивного мышления. Взаимоотношение интеллекта и продуктивного мышления.
4. Основной признак, отличающий мышление от других психических процессов – направленность на открытие новых знаний, то есть его продуктивность.
5. Проблемность обучения. Принцип проблемности отвечая специфике продуктивного мышления – его направленности на открытие новых знаний, является основным ведущим принципом развивающего обучения.
6. Все принципы развития творческого мышления реализуются с учетом возрастных и индивидуальных особенностей мышления.
7. Характеристика стадий мышления, основная линия его развития – от практического мышления к отвлеченно абстрактно-теоретическому мышлению, позволяющему выходить далеко за пределы непосредственного чувственного опыта.
8. Специфика продуктивного, творческого мышления состоит в необходимости развития различных видов мыслительной деятельности.
9. Основная и неотложная задача психологии и педагогики – поиск новых путей активизации творческой деятельности школьников.



# ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛОЖНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ

*Л.А. Гладкая, Е.С. Хомутова, М.В. Гончарова*

Система пожарной безопасности – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение пожара и ущерба от него.

Опасные факторы пожара:

- пламя, искры;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения и термического разложения, дым;
- пониженная концентрация кислорода.

Определяем вероятность воздействия опасных факторов при пожаре на человека по формуле:

$$Q_B = Q_n \left\{ 1 - \left( 1 - (1 - P_{э.п}) \cdot (1 - P_{д.в}) \right) \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i) \right) \right] \right\} \quad (1)$$

где  $Q_n$  – вероятность пожара в здании в течение года;

$P_{э.п}$  – вероятность эвакуации по эвакуационным путям;

$P_{д.в}$  – вероятность эвакуации по наружным эвакуационным путям таким как лестницы, переходы в смежных секциях здания;

$n$  – число технических решений противопожарной защиты в здании;

$R_i$  – вероятность эффективности срабатывания  $i$ -го технического решения.

Расчеты произведены по 16-этажной гостинице «Сумы» и театру им. Щепкина в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования.».

Уровень обеспечения безопасности людей при пожарах отвечает требуемому, если:

$$Q_B \leq Q_B^H \quad (2)$$

где  $Q_B^H$  – допустимая вероятность воздействия опасных факторов пожара на 1 человека в год. Допустимая вероятность  $Q_B^H = 10^{-6}$ .

Поскольку  $Q_B > Q_B^H$  по гостинице, то условия безопасности не соответствуют требуемому.

В случае с театром  $Q_B < Q_B^H$ , то есть условие формулы (2) выполняется, поэтому безопасность людей в здании в случае возникновения пожара обеспечена.



# МЕТОДИ УТИЛІЗАЦІЇ ЗНОШЕНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН

*Л.Л. Гурець, І.В. Гавріел*

В останні роки в багатьох країнах світу велика увага приділяється проблемі використання відходів виробництва і споживання, що утворюються у все зростаючих кількостях. До них відносяться і зношені шини, які є одним із самих багатотонажних полімерних відходів

Загальносвітові запаси зношених автошин оцінюються в 25 млн. т. при щорічному прирості не менш 7 млн. т. На європейські країни приходить 3 млрд. шт. "нагромаджень" зношених автошин (близько 2 млн. т). У більшості індустріальних країн є методи і програми, націлені на підтримку збору і переробки відпрацьованих покришок. Але з загальної кількості тільки 23 відсотка зношених покришок знаходять застосування (експорт в інші країни, спалювання з метою одержання енергії, механічне роздрібнення для покриття доріг і ін.). Інші 77 відсотків використаних автопокришок ніяк не застосовуються через відсутність рентабельного способу утилізації.

В Україні щорічний обсяг автопокришок, що викидаються, становить більш 150 тис.т. В Сумській області, по даним обласної статистики, відбувається щорічне накопичення близько 6,5 тисяч тонн відпрацьованих автопокришок, з яких 3 тисячі тон автопокришок легкових автомашин. При цьому значний відсоток відходів приходить на шини з металокордом. Це обумовлено збільшенням застосування імпортованих шин. Специфіка переробки зношених покришок визначається тим, що вони містять елементи, виконані з різних типів гуми, і, поряд з цим, значну кількість металевих часток (до 15 % ваги) і синтетичного корду. Тому з метою ефективної утилізації покришок доводиться, насамперед, ретельно відокремлювати гуму від синтетичного корду і металокорду. Наприклад, при одержанні вторинних гум з використанням відходів шинної гуми вміст металевих часток у вторинному продукті не повинен перевищувати 0,01-0,03 % ваги. Видалення металокорду приводить до ускладнення технологічного обладнання та подорожчання процесу переробки. Тому переробка і вторинне використання шин, що вийшли з експлуатації, надзвичайно актуальна для України, як і для більшості індустріально розвинутих країн та має велике екологічне й економічне значення.

Рішення цієї проблеми пов'язане з розробкою прогресивних технологій утилізації зношених автомобільних шин.

У залежності від характеру змін, які відбуваються з гумою, технології переробки зношених автопокришок можна розділити на п'ять груп:

- використання цілих шин для різних цілей;
- спалювання відпрацьованих шин з одержанням енергії;
- подрібнення шин з метою одержання гумової крихти і порошку;
- виробництво регенованого промислового матеріалу;
- піроліз автопокришок.



# ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПИЛОГАЗООЧИЩЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ДВООКИСУ ТИТАНУ НА ВАТ «СУМИХІМПРОМ»

*Л.Л. Гурець, Р.О. Дубровін*

Газопилові викиди хімічних підприємств є одним з основних чинників забруднення атмосфери шкідливими речовинами та пилом. Тому актуальність заходів по зменшенню викидів безумовна. Ці заходи включають в себе розробку та впровадження в виробництво високоефективного газоочисного обладнання, запровадження маловідходних та безвідходних технологій, утилізацію шкідливих речовин.

Основними забруднюючими речовинами, які викидаються в атмосферу в виробництві двоокису титану є оксиди сірки та пил. Оксиди сірки є токсичними з'єднаннями, які створюють загрозу навколишньому середовищу і здоров'ю людини. Це вимагає комплексного підходу до очищення газів, що відходять.

Система пилогазоочищення цеху багатоступенева і складається з апаратів попереднього сухого знепилювання, охолодження газів, абсорбції оксидів сірки. Надзвичайна складність, багатоступеневість системи приводить до великих капітальних та експлуатаційних витрат, а також до зменшення ефективності пилоочищення.

З метою зниження техногенного впливу виробництва на атмосферу нами запропоновано використання пилогазоочисного апарату для мокрого очищення газів, який дозволяє одночасно проводити пиловловлення та абсорбцію оксидів сірки. Апарат складається з трьох блоків – високоінтенсивного очищення (БВО), сепарації (БС) і тонкого очищення (БТО). У першому відбувається спадний прямоточний рух газу і рідини через шар регулярної рухомої насадки, що складається з закріплених на вертикальних струнах насадочних елементів сферичної форми. Проїшовши БВО, газорідинний потік попадає в БС, постачений відбійником. У цьому блоці відбувається сепарація часток рідкої фази, які виносяться високошвидкісним газовим потоком із БВО. У БТО відбувається протитечійний рух фаз на крупнодирчастих провальних тарілках у режимі вторинного піноутворення.

Застосування запропонованого апарату дозволяє ефективно очищувати викиди від частинок пилу різного діаметру, завдяки реалізації інерційного, дифузійного та гравітаційного механізмів пиловловлення. Одночасно з пиловловлення у всіх блоках апарату відбувається хемосорбційне очищення газів від оксидів сірки. Застосування запропонованого апарату в системі пилоочищення цеху двоокису титану дозволить підвищити ефективність очистки викидних газів при низьких експлуатаційних та капітальних витратах.



# ЕЙХОРНІЯ В ОЧИЩУВАННІ СТІЧНИХ ВОД.

*К.П. Хоменко, Я.Ю. Коротченко*

Відомо немало рослин, що очищають воду в болотах, ставках і озерах. Це широко поширена ряска, очерет, водний шпинат та інші. У різних країнах більше ста років названі водні рослини культивуються з метою очищення води від цілої гамми забруднень, але всі вони поступаються ейхорнії в ефективності процесу очищення. Ці невибагливі рослини можна культивувати у великих об'ємах, використовуючи для очищення стічних вод їх здатність інтенсивно освітлювати і дезодорувати стічні води, викликати загибель кишкової палички і багатьох хвороботворних бактерій, мінералізувати нафтопродукти і знешкоджувати токсини.

Ейхорнія (*crassipes*) - плаваюча рослина з родини понтедерієвих по-іншому називається ще "водним гіацинтом". Над водою - красиве листя і квітка, а під водою - могутнє ниткоподібне коріння, опушене віями, які, як з'ясувалося, є чимось на зразок біореактора. Вона діє як губка, відокремлюючи від водного середовища забруднюючі речовини, нарощуючи в результаті цього зелену масу, що ще більш підвищує її очищаючу здатність за рахунок окислення і розщеплювання домішок на прості елементи. Рослина ця реліктова. Вона є кормом для тварин, джерелом біогазу та сировиною для виготовлення паперу.

Водний гіацинт являє собою потужну біохімічну лабораторію, яка переробляє складні високо- та низькомолекулярні продукти життєдіяльності людської цивілізації. Він з високою швидкістю окислює та розщеплює на складові хімічні елементи аміак, феноли, сульфіді, фосфати, солі тяжких металів, нафтопродукти, гептил, нітрати, поглинає радіонукліди цезію, стронцію і ін. Накопичення радіонуклідів водним гіацинтом відбувається як за рахунок асиміляції рослиною, так і за рахунок осідання суспензій, що містять радіонукліди, на кореневій частині рослин. Також за допомогою ейхорнії можна покращити такі показники як біологічна потреба кисню та хімічна потреба кисню.

Застосування ґрунтується на здібності рослини до швидкого розмноження і інтенсивного зростання. Застосування ейхорнії здатне привести будь-яку воду до стандартів санепідемнадзору, покращити стан міських декоративних прудів, водойм в зонах відпочинку жителів міста. Так як можливе для доочищування стічних вод, очистки ілов'ї води, переробки осаду стічних вод, для знищення мікроорганізмів гнилостного ряду, пригнічення стафілококу.

Ейхорнія здатна очистити стоки і водойми не тільки від органічних, але і від бактеріальних забруднювачів, не порушуючи біоценоз у водоймах.

Таким чином, використання ейхорнії в умовах помірних широт надасть значну допомогу в очистці всіляких стоків, річок, а також дозволить скоротити дефіцит кормів і їх собівартість.

А ще ейхорнія на воді квітне і пахне, як гіацинт. Але це вже не екологічний і не економічний ефект, а просто краса.



# ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ МАССОБМІННИХ ПРОЦЕСІВ В ГАЗОРІДИННИХ СИСТЕМАХ

*Д.О. Лазненко, Л.Л. Гурець, С.В. Сидоренко*

Питання екологічної безпеки та захисту навколишнього середовища є актуальними на сьогоднішній день. Сучасні світові та європейські стандарти якості навколишнього середовища ставлять все більше вимог до виробничого обладнання і технологій. В сьогоднішніх виробництвах та технологічних процесах існує низка проблем, пов'язаних зі знешкодженням та утилізацією відходів, очищенням стічних вод, розділенням багатокомпонентних сумішей, очищенням промислових викидів і т.д.

В багатьох природоохоронних технологічних схемах найшли застосування масообмінні процеси в газорідинних системах – абсорбція, перегонка та ректифікація, хемосорбція та інші. Проста перегонка представляє собою процес однократного часткового випарування рідкої суміші та конденсації пару, що утворюється. Ректифікація (багатоступенева перегонка) – це процес багатократного часткового випарування рідини та конденсації парів. Вона є основою процесів розділення багатокомпонентних сумішей, лежить в основі утилізації відходів виробництв хімічної, нафтохімічної, харчової промисловості.

Фізична сутність процесу полягає в багатократному двосторонньому масо- та теплообміну між нерівноважними потоками рідини та пари, що мають різні температури. Традиційно ректифікацію проводять в колонних апаратах, конструкція яких залежить від технологічної схеми, способу утворення поверхні контакту фаз та відносного руху газу та рідини.

Найбільш прості конструктивні схеми оформлення ректифікаційних апаратів обумовлюють рух рідини від одного ступеню контакту до іншого під дією гравітаційної сили. Контактні пристрої (тарілки) розташовуються вертикально один під одним та апарат виконується у вигляді колони. Разом з тарільчатими ректифікаційними апаратами існують насадкові, де розвинута поверхня контакту фаз досягається за рахунок заповнення об'єму апарату насадкою.

Інтенсифікація технологічного процесу дає змогу збільшити продуктивність апаратів при зменшенні габаритів (і відповідному скороченні виробничих площ), вартості виготовлення та зниженні експлуатаційних витрат. Відома значна кількість традиційних та порівняно нових способів інтенсифікації технологічних процесів, що проходять в газорідинних системах.

Підвищення ефективності дифузійних апаратів досягається за рахунок турбулізації взаємодіючих фаз, безперервного оновлення міжфазової поверхні, роботи в режимах точки інверсії, створення пульсаційних та



циклічних режимів, а також нерівноважних систем зі значними температурними та концентраційними градієнтами.

Аналіз можливих шляхів інтенсифікації масопередачі показує, що при використанні для контакту рідини та пару модернізованих конструкцій тарільчатих та насадкових колонних апаратів вже не забезпечує значного підвищення питомої продуктивності. Стає необхідним інший підхід до створення умов взаємодії контакту фаз, що сприяють значно більш інтенсивному процесу оновлення міжфазової поверхні.

Принципально інший підхід – це створення роторних апаратів центробіжного типу, які можуть бути застосовані як альтернатива колонному обладнанню в природоохоронних технологіях. Використання роторних тепломасообмінних апаратів є принципово новим апаратурним рішенням, що дозволяє проводити процес розділення фаз в режимах високої інтенсивності.

Такі апарати мають невеликі розміри, малий гідравлічний опір, їх перевагою є висока розподільна здатність на одиницю об'єму. Капітальні та експлуатаційні витрати значно нижчі в порівнянні з використанням колон. Сфера застосування такого обладнання – тонкий та високоефективний розділ багатоконпонентних сумішей, якими є відходи значної кількості сучасних виробничих процесів.

Однією зі сфер застосування може бути знешкодження та утилізація відходів нафтопереробних та хімічних виробництв. Спектр відходів, різноманітність типів та складу, значна кількість сумішей з близькими температурами кипіння, відносно невеликі обсяги, все це є низкою питань, рішення яких потребують застосування високоефективного масообмінного обладнання. При цьому застосування габаритного колонного обладнання в більшості випадків є економічно необґрунтованим.

Більша частка таких відходів є сумішами вуглеводнів або органічних речовин з домішками кислот або лугів. В такому випадку виникають додаткові вимоги до масообмінного обладнання – це дотримання правил вибухо- та пожежонебезпеки і відповідне конструктивне виконання технологічного обладнання. Всі ці вимоги повинні бути враховані при проектуванні та виготовленні високоінтенсивного масообмінного обладнання.

Поєднання високоефективних режимів проведення процесів тепломасообміну в газорідних системах з використанням центробіжних роторних апаратів відкриває широкі можливості для проведення процесів ректифікації в технологіях захисту навколишнього середовища та екологічної безпеки.



# МЕТОДЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ИНДИКАЦИИ ВОДОЕМОВ

*Я. В. Левченко, С. М. Шевченко*

Основная цель всякой программы мониторинга — информационная. Поэтому естественным образом цель программы мониторинга может быть направлена на: получение информации, связанной с конкретной проблемой; представление информации для различных типов аудитории (заинтересованной общественности, администрации предприятия, государственных органов) и ее распространение.

В мониторинге необходимо применять и биологические показатели: особенности структуры сообществ, соотношение отдельных групп видов фауны и флоры, по количественному их развитию и т.д. В целях биоиндикации биологические показатели следует рассматривать как структурные характеристики.

Процессы, протекающие в реке зависят от гидрохимического состава водной биомассы, следовательно от поступления в реки биогенных элементов с очищенными и неочищенными бытовыми и промышленными сточными водами.

Необходимость биоиндикационных исследований привела к расширению работ и включению нетрадиционных объектов исследований для оценки состояния водотоков, таких, как водные микровицы, водяные клещи, основные группы мейофауны, а также данные по отдельным индикаторным группам — хирономиды, моллюск полиморфа.

При решении задач биоиндикации и связанных с ними задач экологического прогнозирования необходимо уделять внимание трем основным аспектам: выделению системообразующих факторов и целям прогнозирования; разработке соответствующих методов и моделей; проблеме оценки достоверности получаемых результатов.

Цель гидробиологических исследований — на основе проведения комплексных экспедиционных исследований, изучения таксономического биоразнообразия рек, оценки биоиндикационной значимости фауны, изменения структурно-функциональных гидробиологических характеристик рек при антропогенном воздействии и создания базы гидролого-гидрохимических и гидробиологических данных оценить современное экологическое состояние малых равнинных рек.

Особую актуальность приобретает проблема экологического мониторинга в г. Сумы. Это касается, в первую очередь, озера Чеха и реки Псел, которые расположены непосредственно в пределах города и имеют чрезвычайно высокую рекреационную нагрузку. Кроме того, загрязнение этих водоемов неконтролируемое и нуждается в проведении фундаментальных исследований по оценке состояния и перспектив дальнейшего их мониторинга.



# ВПЛИВ ФОСФОРНИХ ДОБРИВ НА ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГРУНТАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ І ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННОСТІ

*І. О. Трунова, Є. В. Мазнева*

"Металічний прес" на біосферу, обумовлений господарською діяльністю людини, може викликати техногенні геохімічні аномалії, розміри яких будуть постійно збільшуватись по мірі того, як будуть рости розміри та інтенсивність господарської діяльності людей. Основним нашим завданням є вивчення ситуації, що склалася, та обґрунтування профілактичних заходів щодо зниження негативного впливу токсикантів на довкілля та здоров'я населення.

Антропогенна дія на природне середовище часто приносить небажані побічні ефекти, змінюючи за тривалий проміжок часу сформовану рівновагу між ланцюгами екосистеми. З мінеральними добривами, зокрема відходами тваринницьких комплексів та ферм, побутовими та промисловими викидами підприємств в об'єкти довкілля привноситься все збільшуючи кількості важких металів, нітратів, нітритів та інших токсикантів.

На думку багатьох авторів, основним джерелом надходження важких металів у ґрунт є фосфорні та комплексні (NPK, PK, NP) мінеральні добрива.

Дані про природний вміст важких металів у ґрунтах та рослинах дають можливість стверджувати про стан та рівень забруднення та приймати відповідні заходи щодо збереження родючості ґрунтів та якості рослинницької продукції.

Для цього, звичайно, слід визначити потенційну небезпеку різних токсикантів, в т. ч. і важких металів, виявити закономірності поведінки в екосистемах.

Важкі метали в мінеральних добривах є природними домішками. Найбільш суттєвими по концентрації домішок важких металів є фосфорні та комплексні (NPK, NP, PK) добрива, а також добрива, які одержують з використанням екстракційної ортофосфорної кислоти (амофоси, амофоски, нітрофоски, подвійні суперфосфати). Фосфатна сировина різних родовищ містить різну кількість важких металів, з яких найбільше побоювання сьогодні викликають кадмій та свинець. Сполуки цих елементів мають акумулятивні властивості по ланцюжку:

Фосфатна → ґрунт

руда → добрива → рослини → людина

Суттєвий вклад в забруднення ґрунтів України відводиться твердим відходам промисловості, зокрема, можна відзначити фосфогіпс. Токсичні метали, присутні в сировині, частково переходять в мінеральні добрива, а остача – в тверді відходи, яким і являється фосфогіпс.



# СУЧАСНИЙ СТАН СИРОВИННОЇ ФОСФАТНОЇ БАЗИ НА УКРАЇНІ

*І.А.Никонець, Т.В. Карпенко, С.В. Вакал*

*Сумський державний науково-дослідний інститут мінеральних добрив і пігментів*

Фосфор – один із найголовніших макроелементів для всіх організмів, він є будівельним матеріалом для нуклеїнових кислот, білків, ліпідів та інших сполук.

Завдяки обміну речовин у рослинних і тваринних організмах, відбувається кругообіг фосфору в природі: вилучаючись з ґрунту рослинами у вигляді розчинних солей з переходом останніх у білкові сполуки, він потрапляє з рослинною їжею в організм тварин, там приймає участь у набудові кісткової, мозкової та нервової тканин. Із залишками рослин та тварин хімічно зв'язаний фосфор повертається зворотньо в ґрунт. Накопичення фосфору у ґрунтах природньо відбувається дуже повільно, за рахунок вивітрювання гірських порід. Завдяки сільськогосподарській діяльності людини, врожаї всього світу виносять з полей мільйони тон фосфору. Тому додаткове його внесення просто необхідне.

Сучасний стан вітчизняних ґрунтів характеризується спеціалістами як деградаційний. Одним із ключових складових цього поняття є фосфорна недостатність.

Для задоволення власних та закордонних ринків мінеральними добривами вітчизняна хімічна промисловість випускає спектр азотно-фосфорно-калійних добрив. Щорічна потреба сільського господарства України у фосфоровмісних добривах оцінюється у 2343 тис. т 100%  $P_2O_5$ . Фактично було залучено близько 100 тис. т вітчизняних добрив.

Актуальність питання добрив прямопропорційно співвідноситься з їх сировиною. Світовою сировиною для виробництва мінеральних добрив є фосфатні руди (апатити – магматичного та фосфорити – осадкового походження). Головними експортерами сировини є Марокко, Йорданія, Росія, Сирія, Алжир та Туніс.

За радянських часів українські підприємства використовували апатит Кольського півострову. На сьогоднішній день альтернативним і єдиним джерелом забезпечення вітчизняних підприємств фосфоритною сировиною залишаються фосфорити Північної Африки та Близького Сходу.

Технічні вимоги, що висуває промисловість до фосфатної сировини, зумовлені технологічними можливостями та економічною рентабельністю хімічної або механічної переробки його у фосфоровмісні добрива чи інші продукти. Найважливіше значення при оцінці сировини має вміст пентоксиду фосфору. Досить вагомою характеристикою сировини є вміст у ньому небажаних домішок: важких металів, окислів заліза та алюмінію, карбонатів,



окису магнію, а у деяких випадках діоксиду кремнію, важливу роль відіграє також гранулометричний склад фосфатної сировини.

Екологічні служби та громадськість у 90-х роках 20 сторіччя були стурбовані початком імпорту фосфатної сировини, що містила природозабруднюючі елементи (кадмій, свинець, миш'як, радіоактивні метали). Вважалось, що завжди велика кількість важких металів у фосфоритах є наслідком їх осадкового походження. Незважаючи на такі переваги, як легкозбагачувальність та найбільший вміст пентоксиду фосфору, екологічне питання ще певний час було гострим для суспільства.

На підставі «Положення про вхідний контроль» Сумським державним інститутом мінеральних добрив і пігментів здійснюється регулярний моніторинг усіх закордонних фосфоритів, що надходять на переробку. Він заключається в аналітичному дослідженні хімічного складу сировини. Зразки відбираються з вантажного судна та на підприємстві-переробнику. Паралельно аналізується якість виробленої продукції.

Контроль якості здійснюється згідно вимог, встановлених в ТУ У 24.1 – 14005076 – 065 - 2003 «Закордонні фосфорити». У таблиці наведені статистичні дані за 2 роки:

Найменування показників та одиниць виміру	Норма згідно ТУ	Середні фактичні дані
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> заг., %	25 – 33	29,0 – 30,7
Cd, мг/кг	18	4 - 18
Pb, мг/кг	15	2 - 4
As, мг/кг	12	2 - 4
Ефективна питома активність природніх радіонуклідів, Бк/кг	1850	559 - 1592

За 2005 р. в Україну надійшло 445 тис. т закордонних фосфоритів (за даними документів на поставки), що приблизно на 55 тис. т більше ніж у 2004 році. Вироблено за останній рік 499,4 тис.т мінеральних добрив, з яких суперфосфату - 81 тис. т, амофосу - 98,5 тис. т, діамоній фосфату - 5,5 тис. т, комплексних мінеральних добрив - 314,5 тис. т, що в перерахунку на 100% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> складає 118,4 тис.т.

Вже близько десятка років проводяться комплексні дослідження вітчизняного “фосфорного потенціалу”, який піднесено до рівня 4 млрд. т. Прогнозні ресурси фосфатних (апатитових, фосфоритових) родовищ України, освоєння яких доцільно, складають 516 млн. т. Перехід до експлуатації цих родовищ дозволить щорічно протягом багатьох десятиріч вносити на поля необхідну кількість пентоксиду фосфору – 2,4 млн. т і більше.

Таким чином на сьогоднішній день джерелом фосфору для виробництва мінеральних добрив залишаються закордонні фосфорити. Проводиться жорсткий контроль їх якості, а також якості мінеральних добрив, які з них виробляються та надходять споживачу. Освоєння Української сировинної фосфатної бази є пріоритетним об'єктом наукових досліджень у майбутньому.



# СНИЖЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ГОРОДА ПУТЕМ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТА (НА ПРИМЕРЕ Г. СУМЫ)

*Е.Л. Сытник, А.А. Рыбалов*

Последнее десятилетие характеризуется тенденцией к росту интенсивности движения транспортных средств так как обеспеченность автомобилями в личном пользовании быстро повышается и в 2004 году в г.Сумы составила 118 единиц на 1000 лиц при среднем уровне автомобилизации по Украине 125 легковых автомобилей на 1000 жителей. Однако этот процесс сопровождается увеличением экологической нагрузки на окружающую среду. Так, в 2004 г. повышенное содержание оксида углерода (2 ПДК), диоксида азота (1,5 ПДК), пыли (1,4 ПДК) зарегистрировано в северном промузле города г. Сумы в районе машиностроительного объединения им. Фрунзе и прилегающей автомагистрали, а в южном промузле - в районе открытого акционерного общества "Сумыхимпром" и соответственно транспортной автомагистрали, где превышение составило для диоксида азота (1,5 ПДК), пыли (1,2 ПДК). Очевидно, что экологические проблемы, связанные со стремительным увеличением количества автомобилей, стали весьма актуальны.

-В этой связи с целью разработки рекомендаций по снижению экологической нагрузки на окружающую среду города от автотранспорта нами проводятся системные исследования на улицах с наибольшей транспортной нагрузкой (Харьковская, Красная площадь, Белопольское шоссе и т.д.), изучаются особенности экоситуации на перекрестках различного типа, оценивается загруженность участков улиц различными видами транспорта, определяются метеоклиматические данные дорог и анализируется уровень загрязнения воздушного бассейна автовыхлопами.

Полученные в ходе данных исследований результаты позволяют выделить экологические проблемные зоны, установить закономерности их формирования, а значит и прогнозирования их возможных изменений, что в целом может быть использовано не только при разработке предложений по снижению негативных последствий от эксплуатации автотранспортных средств на экологическую ситуацию города но и для повышения эффективности маршрутной сети городского пассажирского транспорта, организации и управления транспортными потоками по улично-дорожной сети города, наконец для принятия инженерно-организационных решений.

Таким образом, целенаправленное регулирование транспортных потоков в районах с интенсивным автомобильным движением с целью оптимизации экологической ситуации г. Сумы и снижения техногенной нагрузки на воздушный бассейн города, является одним из актуальных методов в плане обеспечения экологической безопасности.



# ІНГАЛЯЦІЙНА ДОЗА ОПРОМІНЕННЯ НАСЕЛЕННЯ

Е.Н. Осадча

Радіаційна небезпека радону полягає не в ньому самому, а в радіоактивних продуктах його розпаду. Доза, що формується самим інгальованим радоном, за даними МКРЗ знехтувано мала (1-2%) в порівнянні з дозою опромінення від інгальованих дочірніх нуклідів. У зв'язку з цим дозиметрія і моніторинг радону орієнтовані не на питому його концентрацію в повітрі, а на загальні характеристики газопо-аерозольної суміші дочірніх продуктів розпаду в повітрі. Серед них найбільш вживані експозиція продуктів розпаду радону і їх прихована енергія.

При розгляді радонової дози був врахован той факт, що після його випаровування або ексхаляції необхідний деякий час для утворення значущих концентрацій дочірніх продуктів, який визначається їх періодом напіврозпаду (табл. 1).

Таблиця 1 - Динаміка відносної активності дочірніх продуктів по відношенню до початкової активності радону

		Відносна активність через проміжок часу						
		1 хв.	5 хв.	15 хв.	30 хв.	1 год.	2 год.	5 год.
<sup>222</sup> Rn	3,8 дні	1	1	1	1	0,99	0,99	0,96
<sup>218</sup> Po	3,05 хв.	0,20	0,68	0,97	1	0,99	1	0,96
<sup>214</sup> Pb	26,8 хв.	0,0027	0,050	0,24	0,48	0,758	0,94	0,97
<sup>214</sup> Bi	19,9 хв.	$3,1 \cdot 10^{-5}$	0,003	0,046	0,18	0,491	0,85	0,97
<sup>214</sup> Po	164 мкс	$3,1 \cdot 10^{-5}$	0,003	0,046	0,18	0,491	0,85	0,97

Для умов викиду, що розглядаються, і вітрового транспорту тенденція зростання радіаційної небезпеки газопо-аерозольної суміші радону з продуктами розпаду приводить до того, що доза на одиницю інгальованої активності радону із збільшенням відстані від об'єкта збільшується.

Крім радону, що випаровується можливий пиловий підйом і подальший вітровий транспорт радіонуклідів в мікрочастинках. При оцінках впливу на навколишнє середовище так досить обмежитися розглядом <sup>226</sup>Ra, т. я. по сукупності параметрів (відносний внесок в загальну активність, міграційна здатність в біоценозах, величини дозових коефіцієнтів) він є переважаючим в дозоутворенні.

При повному навантаженні об'єкта, що розглядається, річна доза опромінення населення продуктами розпаду радону представлена в таблиці 2.

Таблиця 2 - Річна доза опромінення населення продуктами розпаду радону, що викидається (у вибраних точках розрахунку), нЗв

	Пд	Пд -3	З	Пн-3	Пн	Пн -С	С	Пд-С	Сер.
100м	7.8	10,2	9,6	9,0	9,0	10,2	9,6	7,8	9,2
500м	7.6	10,0	9,5	8,8	8,8	10,0	9,5	7,6	9,0
2000м	7.3	9,2	8,7	7,9	7,9	9,2	8,6	7,3	8,3



# ЗАЛЕЖНІСТЬ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ТВЕРДОМУ ВІДХОДІ ВИРОБНИЦТВА ФОСФОРНИХ ДОБРІВ ВІД ПРОСОЧУВАННЯ СЕРЕДИ ПЕРЕБУВАННЯ

*І. О. Трунова, Л. Д. Пляцук*

Для опису процесу забруднення ґрунтів району спеціалізованого відвалу фосфогіпсу полягає в розробці моделі локального техногенного забруднення, викликаного складуванням твердого відходу виробництва фосфорних добрив та переносом твердих аерозолів з поверхонь відвалу в сухий час року.

Водопроникність ґрунтів найтіснішим образом зв'язана з механічним складом, що визначає розмір ґрунтових пор, що у свою чергу впливає на швидкість просочування води через ґрунт.

Відбір зразків ґрунту проводили в районі діючого відвалу фосфогіпсу ВАТ „Сумхімпром” (с. Токарі).

У процесі проведення дослідів був перевірений вміст пилу фосфогіпсу у ґрунті району відвалу, який може впливати на водопроникність та коефіцієнт фільтрації.

Водопроникність сірого лісового важкосуглинистого ґрунту, що містить 64,57% водомістких агрегатів, у середньому за 4 години спостереження склала 2,57 м/с, а водопроникність такого ж ґрунту зі змістом 13,2% водомістких агрегатів у ґрунті і її водопроникність була в 5 разів менша, ніж першого.

Пил фосфогіпсу належить до групи неорганічного пилу. Переважають частинки  $1,6 \cdot 10^{-6}$  –  $4 \cdot 10^{-6}$  м. Вміст частинок розміром менше  $2,5 \cdot 10^{-6}$  м складає 9,1%, частинок діаметром  $2,5 \cdot 10^{-6}$  -  $10^{-5}$  м – 20,7%, діаметром більше  $10^{-5}$  м – 63,5%.

У районі спеціалізованого відвалу фосфогіпсу нами були проведені дослідження по визначенню водопроникності ґрунту в залежності від його вологості. Вологість сірого лісового ґрунту до дощування в шарі 0,15 м складала 25,5%, після дощування – 27,5%. Водопроникність ґрунту вимірялася за допомогою кілець, що заливалися. Після дощування водопроникність ґрунту зменшилася. За 2 години дослідження шар води, що всотався в ґрунт, після дощування в середньому зменшився на 0,1 м, що склало 40% від середньої величини усмоктування до дощування.

У таблиці 1 показана зміна водопроникності від вологості ґрунту. Ми бачимо, що при збільшенні вологості поверхневого ґрунтового горизонту з 20 до 45% водопроникність зменшилася в 5 разів.



Таблиця 1 - Залежність водопроникності від вологості ґрунту

Вологість ґрунту, % до обсягу	Водопроникність, м/с
20	355,6
40	130,6
45	72,2

Седиментаційним методом було визначено фільтраційну здатність ґрунту забрудненого дрібнодисперсним пилом фосфогіпсу. Додавання пилу до структурного ґрунту також приводить до зниження швидкості фільтрації. Фосфогіпс у спеціалізованому відвалі зберігається у виді пилу, розміри часточок якої знаходяться в межах  $10^{-9}$  -  $10^{-7}$  м. У суху вітряну погоду пил може поширюватися на великі відстані, покриваючи великі площі ґрунтів району відвалу, впливаючи в такий спосіб на водопроникність цих ґрунтів.

У лабораторних умовах була досліджена зміна витрати води при фільтрації в залежності від вмісту пилу (часток менше  $0,5 \cdot 10^{-6}$  м) у структурних зразках (агрегати  $1 \cdot 10^{-4}$  -  $2 \cdot 10^{-4}$  м) сірого лісового ґрунту при тиску водного стовпа в 0,05 м. Дослідження показало, що між фільтрацією і вмістом пилу в ґрунті існує залежність, представлена графіком на рис. 1. Фільтрація через ґрунт, що містить близько 30% пилу, майже в 10 разів нижча, ніж через ґрунт із чистих агрегатів. При вмісті в ґрунті 50% пилу швидкість фільтрації падає більш різко і знижується в 30 разів. Це пояснюється тим, що при додаванні до структурного ґрунту 50% пилу різко знижується некапілярна пористість при значному рості капілярної, тобто в ґрунті відбуваються процеси, що докорінно змінюють природу даного ґрунту.

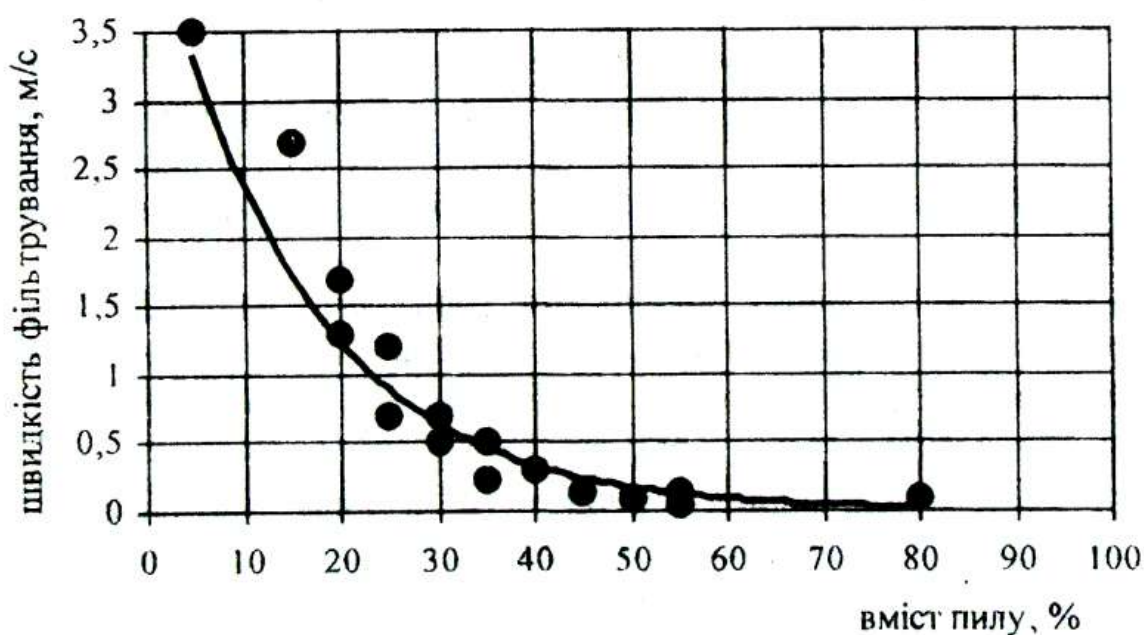


Рисунок 1 - Швидкість фільтрації води в зразку сірого лісового ґрунту в залежності від вмісту в ньому пилу



## ЗАЛІЗО У ПИТНІЙ ВОДІ.

*К.П. Хоменко, С.В. Лещенко*

Підземні води нашої країни часто характеризуються надлишком або нестачею фтору, підвищеним вмістом заліза і марганцю, сірководню, метану, підвищеними жорсткістю і солевмістом.

Підвищений вміст заліза у воді додає їй металевий або в'язкий присмак. Залізо є надзвичайно важливим елементом в організмі людини. Як складова частина гемоглобіну крові, воно бере участь у переносі кисню, крім того, є біологічним каталізатором. Негативний вплив підвищеної концентрації заліза обумовлений тим, що вода, яка містить залізо у великих концентраціях, має жовтувато-буре забарвлення, підвищену каламутність. Надмірна кількість заліза є причиною хвороби Кашина-Бекеса, при тривалому надходженні в організм заліза відбувається перенасичення печінки феррїтином, призводить до несприятливої дії на шкіру, а також сприяє інтенсивному фарбуванню сантехнічного устаткування і появі жовтих плям на білизні. Інтенсивне утворення рихлого шламу з опадів заліза у вигляді пластівців починається в системах водопостачання вже при його загальному вмісті 0,5 мг/л. Вміст заліза в питній воді визначається за ДСТ 2874-82 і складає 0,3 мг/л.

Сумська вода – одна з кращих на Лівобережній Україні, оскільки поступає з артезіанських свердловин. Джерелом постачання питної води для населення м. Суми є підземні води з водоносних горизонтів мергельно-крейдянних відкладень верхньої крейди і сеноман-нижньокрейдяного водоносного комплексу.

По своєму якісному фізико-хімічному показнику вода мергельно-крейдяного водоносного горизонту відповідає вимогам ДСТ 2874—82 "Вода питна", крім підвищеної концентрації заліза до 2,5 мг/л.

Якість води сеноман-нижньокрейдяного водоносного горизонту відповідає вимогам ДСТ 2874—82 "Вода питна". Сеноман-нижньокрейдяний водоносний горизонт є більш стабільним, комплекс надійно захищений від поверхневого забруднення міцною товщею монолітних мергельно-крейдянних відкладів.

Верхньокрейдяний водоносний горизонт є більш не стабільним, що зв'язано з його меншою захищеністю від забруднення з поверхні. Живлення цього водоносного горизонту відбувається за рахунок атмосферних опадів, річних вод та підтоку з суміжних горизонтів.

Існуючі тенденції техногенного впливу на всю глибину зони водообміну ведуть до швидкого скорочення об'єму кондиційних для питних цілей підземних вод. Збереження високої якості і запасів підземних вод може бути забезпечено шляхом розробки й організації режимів експлуатацій підземних водоносних горизонтів. Тому необхідно обмежити використання кондиційних підземних вод на не питні потреби і відокремити власне питне водопостачання з підземних джерел від інших видів водопостачання.



**ТЕХНОЛОГІЯ  
МАШИНОБУДУВАННЯ**



# ОСОБЕННОСТИ СУПЕРФИНИШИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК С РАЗЛИЧНЫМИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

*М.А. Телетов, В.И. Савчук*

Отделочный этап механической обработки заготовок включает много различных методов и способов обработки. Например, такие как суперфиниширование, ультразвуковая доводка брусом, косоугольная микродоводка и другие аналогичные способы. Анализ кинематики этих способов показывает, что не все они могут обеспечить требуемое качество поверхности заготовок, имеющих различные физико-механические характеристики. При этом возникает необходимость в создании классификации материалов по определенным характеристикам (свойствам), которые могли бы быть обработаны тем или иным способом, для достижения требуемой шероховатости поверхности всей группы обрабатываемых материалов.

Существует классификация, по которой материалы разбиты на 7 групп. В каждой выделен металл представитель, имеющий наиболее характерные свойства в своей группе. Были проведены экспериментальные исследования обрабатываемости данных материалов разными способами финишной обработки. Вследствие чего определены оптимальные режимы и параметры устройств для обработки металлов представителей.

В работе предлагается возможность предоставить для каждого материала оптимальный технологический процесс обработки заготовок. Выделить способы и методы финишной стадии механической обработки, которые смогли бы максимально исправлять все геометрические погрешности, обеспечить заданную шероховатость и физико-механические свойства поверхности детали.

По результатам проведенной работы можно сделать рекомендации по режимам обработки металлов для промышленности.

Группа обрабатываемости	Марка металла представителя	Производительность $Q$ , мм <sup>3</sup> /с	Оптимальный диапазон времени контакта $t_k$ , с	Рекомендуемые значения параметров устройства		
				$\omega_p$ , с <sup>-1</sup>	$\delta$ , мм	$b$ , мм
M1	Бр.ОЦС 5-5-5	1,5 – 1,52	0,13 – 0,23	27	0,7	2,0
M2	12X18H10T	1,25 – 1,3	0,6 – 1,0	7,0	0,7	1,8
M3	Сталь 50 HRCэ 48...52	2,5 – 2,6	2,25 – 2,75	1,5	0,88	1,8
M4	Сталь 40ХН	2,1 – 2,2	1,0 – 1,2	4,2	0,6	1,6
M5	Сталь ШХ15 HRCэ 60...64	1,03 – 1,05	0,5 – 0,7	5,7	0,77	1,8
M6	Сталь У8 HRCэ 60...64	1,1 – 1,3	0,6 – 0,8	5,7	0,85	1,6
M7	Чугун СЧ15	0,98 – 1,0	0,6 – 0,8	6,8	0,72	1,9



# ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗУБЬЯХ И ШПОНОЧНОМ ПАЗЕ ДЕТАЛИ ТИПА "ВТУЛКА"

Н.В. Чепурна, П.В. Кушниров

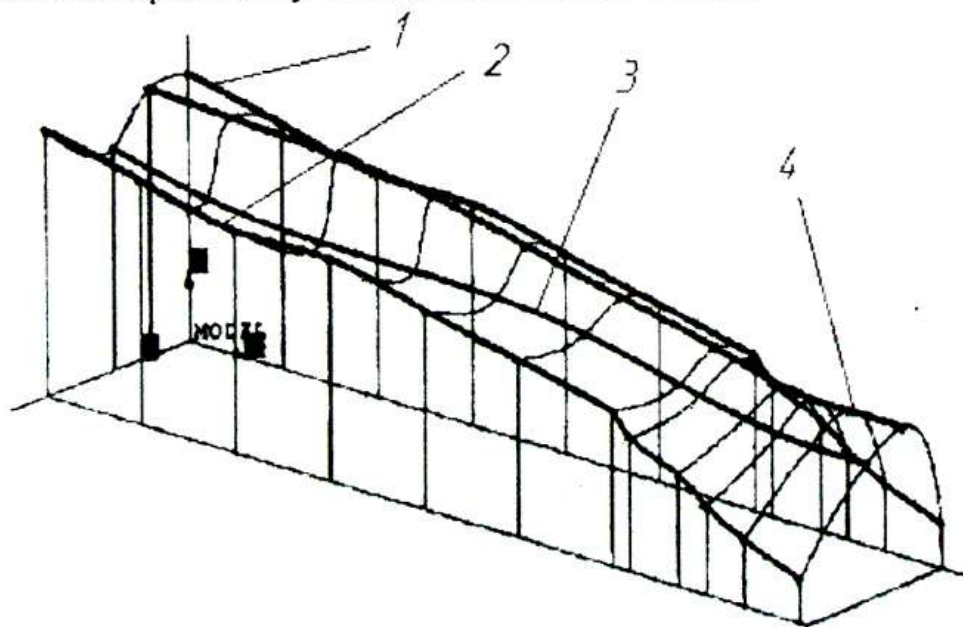
Оценка напряженно-деформированного состояния конструкций разрабатываемых изделий является одним из важнейших этапов их проектирования.

Исследование напряжений производилось для детали «Втулка», предназначенной для передачи крутящего момента от вала электродвигателя к ротору насоса через зубчатое зацепление (сфера  $d232h6$  мм).

Исследования показали, что максимальные напряжения возникают в момент пуска в шпоночном пазе и в зубчатом зацеплении. Расчет деформированного состояния детали был осуществлен с помощью программного приложения COSMOSXpress Study.

Определено, что деформационные превращения на зубе происходят не везде одинаково. Максимальная нагрузка возникает в точке наибольшего прогиба зуба по координатам  $X=-46,0417$  мм,  $Y=57,8273$  мм,  $Z=-16$  мм. В этой точке возникает напряжение Мизеса, равное  $237100$  Н/м<sup>2</sup> и способное осуществить деформации растяжения и изгиба зуба. По мере отдаления от этой точки нагрузка уменьшается в пределах от  $2,998 \cdot 10^5$  до  $1,499 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup>. Согласно проведенным расчетам минимальное значение нагрузки возникает в точке с координатами  $X=-22$  мм,  $Y=-105,014$  мм,  $Z=21,7857$  мм величиной  $0,205681$  Н/м<sup>2</sup>. Максимальное напряжение Мизеса не превышает допустимого напряжения для стали 40Х ГОСТ 4543-71 (315 МПа).

Также построена трехмерная модель кривых распределения напряжений в шпоночном пазе (см. рисунок): 1, 2 – по краям шпоночного паза детали, 3 – от точки с максимальным значением напряжений, 4 – на произвольно выбранном участке шпоночного паза.





# ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ОТВЕРСТИЙ

Ю.А. Иванющенко, П.В. Куширов

Плунжерная направляющая является одной из ответственных деталей вакуумного насоса. Она применяется в качестве элемента уплотнения между камерой, из которой откачивается воздух, и внешней средой. От качества её изготовления, от её долговечности зависят рабочие параметры насоса и срок его службы.

В настоящее время для обработки прямоугольных отверстий применяют следующие способы: протягивание, строгание, шлифование, фрезерование, шабрение. Предъявляемые требования по изготовлению (точность отверстий не должна быть ниже 8 качества точности; шероховатость обработки поверхностей не должна превышать Ra 1,25; силы резания не должны вызывать деформацию, превышающую половину поля допуска наиболее точного размера; высокая производительность) ограничивают круг способов обработки, отдавая предпочтение фрезерованию.

Возможны следующие способы фрезерования прямоугольных отверстий.

1) *Одностороннее фрезерование.* В этом случае последовательно обрабатываются все плоскости. При этом заготовка или устройство для фрезерования должны поворачиваться на угол  $90^\circ$  перед каждым новым проходом. Плоскости, ширина которых больше диаметра фрезы, фрезеруются несколькими проходами. Достижение размера при этом способе осуществляется методом пробных проходов. Преимущество одностороннего фрезерования — относительная простота, поскольку применяется одно устройство для фрезерования. Недостатками являются: малая производительность, повышенное число переналадок или переточек фрезы на партию деталей, повышенное влияние на точность неравномерности припуска и неоднородности свойств материала заготовки, а также консольная схема расположения инструмента и неблагоприятная динамика процесса.

2) *Двустороннее фрезерование.* Припуск при этом снимается одновременно с двух противоположных стенок отверстия. В этом случае недостатки, присущие одностороннему фрезерованию, отсутствуют. В качестве режущего инструмента здесь выступают специальные фрезерные головки, устанавливаемые на станках фрезерной группы.

Таким образом, фрезерование наиболее полно отвечает условиям достижения точности, качества поверхностей, производительности, малой тепловой напряженности процесса обработки, возможности снятия значительного припуска при небольших силах резания.



# УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШТОКОВ ОППОЗИТНЫХ КОМПРЕССОРОВ

*В.А. Иванов, П.В. Кушников*

Ведущим направлением в машиностроении является компрессоростроение. Компрессоры широко применяются в различных отраслях народного хозяйства. Они составляют основу технологического оборудования химических производств, используются при добыче и переработке нефти и газа, широко применяются в холодильной технике и установках разделения газов, во всех видах транспорта, а также в приводах пневматического оборудования.

Деталь «Шток» является основной деталью поршневых групп компрессоров.

Штоки работают в условиях переменного нагружения на растяжение-сжатие и испытывают изгибающие напряжения, поэтому к ним предъявляются высокие требования по твердости, износостойкости, шероховатости.

Недостатки существующего технологического процесса изготовления штоков не позволяют в полной мере обеспечивать наибольшую эффективность производства. В связи с этим предложено усовершенствование следующих этапов технологии изготовления:

1. В качестве метода химико-термической обработки применить ионно-плазменное азотирование, которое позволяет обеспечить требуемые параметры состояния поверхностного слоя, уменьшить длительность и снизить температуру химико-термической обработки, повысить предел выносливости и увеличить износостойкость азотированных деталей, благодаря чему в стали не происходит структурных превращений, искажение геометрической формы деталей.

2. В качестве метода отделочной обработки штока применить способ двойной осцилляции (СДО), который значительно увеличивает производительность обработки и обеспечивает получение необходимых требований по шероховатости. Высокая производительность схемы резания при СДО обеспечивается за счет увеличения времени контакта бруска с деталью, определяемой силой нажатия и окружной скоростью обрабатываемой детали. Правильный подбор соотношения между величиной ударного импульса и максимальной силой нажатия позволяет равномерно изнашивать инструмент и поддерживать съем металла постоянным за время обработки.

Указанные усовершенствования позволяют получать поверхностные слои детали с заданными свойствами, а также снизить себестоимость обработки детали, уменьшить расход электроэнергии и загрязнение окружающей среды.



# ТЕХНОЛОГІЯ ГНУТТЯ ОРЕБРЕНИХ МОНОМЕТАЛЕВИХ ТА БІМЕТАЛЕВИХ ТРУБ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛООБМІНУ

*О.І. Ремньов, К.С. Доценко, О.В. Морозов*

У якості тепловідвідних елементів (охолоджувачів) найбільш перспективним є використання трубчастих поверхонь із зовнішнім і внутрішньому оребренням монометалевої або біметалевої труби. До розглянутих конструкцій нового покоління теплообмінних енергетичних установок, що використовують такі нові технічні рішення можна віднести технології: по кріпленню труб з тонкими трубними решітками (колектором), виконаної способом осьового деформування; по гнуттю цільнооребrenних труб з малим радіусом гнуття; по виготовленню і складанні масляних радіаторів, теплообмінників, калориферів, кондиціонерів і т.д., що використовують оребрені труби, гнуття плоских змієвикових елементів, кріплення труб способом осьового деформування, а також конструкторсько-технологічні рішення по компонованню енергетичних установок для різних систем охолодження. Відомі конструкції автотракторних радіаторів які переважно містять оребрену монометалічну трубу, що піддають гнуттю в плоский змієвиковий елемент. Змієвикові елементи на ділянці вигину труби і прилягаючих ділянках до зони гнуття не передбачають її оребrenня чи ж ребра виконують з низьким ступенем оребrenня, що забезпечує гнуття труб, відомими способами. Відсутність оребrenня труби на ділянках її гнуття значно знижують теплообмін що обумовлює збільшення їхніх габаритів. Завдяки зовнішньому гвинтовому оребrenню площа теплообмінної поверхні, що контактує з охолоджуючим середовищем міжтрубного простору, може бути збільшена в 7...20 раз, у порівнянні з гладкою трубою. Застосування технології гвинтової накатки ребер на монометалевих трубах круглого перетину дозволяє одержати коефіцієнт оребrenня  $\phi_0 = 1...20$  для різного типорозміру оребrenних труб. Для накатки зовнішнього гвинтового оребrenня як заготовки використовуються суцільнотягнені труби круглого перетину, переважно з пластичних кольорових металів.

Для забезпечення компактності та підвищення теплообмінних характеристик енергетичних установок виникає необхідність гнути труби з мінімальним та з мінімально можливим радіусами гибу. Мінімальний та мінімально можливий радіуси гибу оребреної труби залежать від діаметрів оребrenних труб та вихідного оребrenня, товщини стінки оребrenня, кроку оребrenня та механічних властивостей матеріалу труби.

Вихідна суцільнотягнена труба при накатці ребер має складні упругопластичні деформації. При цьому ребра в радіальному напрямку мають значну міцність у порівнянні з матеріалом перетину труби що не піддається пластичної деформації. У зв'язку з цим при гнутті оребреної труби з малим радіусом гнуття навіть незначні осьові зусилля, що розтягують,



приводять до утворення розриву оболонки труби по її зовнішній поверхні. Для забезпечення технологічного процесу якісного гнуття труби на ділянці згину трубу піддають стиску в осьовому напрямку.

Спеціальне обладнання для гнуття має: станину, згибну голівку із силовим пневмоциліндром, механізм згибу труби і блок автоматики. У комплект гибочної голівки входять: передній і задній пристрій затиску; шаблон; повзун; гнучкий елемент і силовий циліндр; механізм осьового стиску труби. Передній пристрій затиску має можливість спільно обертатися навколо осі шаблону на кут  $180^\circ$ , а задній пристрій, закріплений на повзуні, має можливість поступального переміщення в направляючому корпусі згибної голівки. Гнучкий елемент із секторних ланок з'єднаний між собою півосями, є засобом приведення згибу до нейтрального перетину оболонки труби. Гнучкий елемент охоплює  $1/2$  частину зовнішньої труби, має можливість обкатуватися по згибному шаблоні, згинаючи трубу на необхідний кут повороту. Обертальний рух шаблону задає електропривід. Зусилля осьового осідання труби в процесі згибу визначає інтенсивність деформацій зовнішнього і внутрішнього шарів перетину труби щодо осі її згибу. Проходження нейтрального шару згибу за "живим" перетином ділянки труби, що згинається, забезпечує оптимальні умови стиску її волокон. Передній і задній затиски підоймового типу є фрикційними, дозволяють регулювати зусилля обтиснення (фіксації) труби за допомогою приводів пневмоциліндрів.

Блок пневмоавтоматики містить прилади підготовки повітря, контролю параметрів тиску повітря у відповідних порожнинах циліндрів, що переключають пристрої.

Затиски для труби у вихідному стані знаходяться в розціпленому положенні і мають загальну вісь із трубою і гнучким елементом, секторні ланки якого своїми поглибленнями, разом з робочими поверхнями затисків, утворюють постіль для зовнішнього діаметра оребреної труби. Після установки труби до упору включають систему автоматики, що пускає в хід передній і задній затиски до фіксації труби на ділянці, що згинається. Через 3...5 с автоматично включається силовий циліндр механізму попереднього стиску труби на ділянці між затисками, що приводить гнучкий елемент у натяг, а задній затиск, рухаючи назустріч передньому стискає ділянку згибу з заданим зусиллям. Після осьового стиску ділянки згибу труби передньому затиску і шаблону повідомляється обертальний рух. При обертанні шаблону труба разом із гнучким елементом обкатує його по заданій траєкторії згибу. Після виконання згибу автоматично припиняється обертання шаблону, відключається механізм попереднього стиску труби, розтискаються затиски та у реверсному режимі електроприводу всі механізми встановлюються у вихідне положення для виконання наступного згибу. Устаткування та технологія гнуття оребрених труб вперше розроблена в Україні і немає аналогів в світовій практиці.



# ОЦІНКА НАПРУЖНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРЕСОВИХ З'ЄДНАНЬ ТРУБ З ТОНКИМИ ТРУБНИМИ РЕШІТКАМИ СИСТЕМ ТЕПЛООБМІНУ

*О.І. Ремньов, І.М. Ткаченко, К.С. Доценко*

Широке застосування нових технічних розробок по використанню різних типів з'єднань труба-решітка обумовлюють рішення ряду технологічних задач, зв'язаних з ефективним керуванням процесом виготовлення теплообмінних енергетичних установок.

Такі установки виготовляються і розробляються для заводу МТЗ, зокрема, масляні радіатори, системи турбонадува та опалення кабін тракторів МТЗ-80 та інших.

Кріплення труб із трубними решітками теплообмінних енергетичних установок осьовим деформуванням при освоєнні нових типорозмірів труб вимагає науково-обґрунтованого керування технологічним процесом при пластичному деформуванні труби. Відомо, що рівень напружено-деформованого стану (НДС) труби з трубними решітками в процесі формування з'єднання труба-решітка, визначає його основні параметри по герметичності і міцності.

До основних факторів керування технологічними процесом НДС з'єднання відносяться: розподільність зусилля радіального деформування на ділянці защемлення (фіксації) труби в отворі трубних решіток на першому етапі технологічного процесу; об'ємне пластичне деформування труби (гідростатичний розподіл зусилля в замкнутому об'ємі труба-решітка - цанговий затиск) і пружне, пружно-пластичне деформування трубних решіток; зменшення внутрішнього діаметра труби на другому етапі технологічного процесу до 9% зумовлюваного осаджуванням труби в отвір трубних решіток; величина залишкового тиску в з'єднанні труба-решітка після його розвантаження.

Відомі діаграми деформування для розвальцьовування можуть бути застосовані для інших способів кріплення труби з решітками тільки для кількісної оцінки процесу формування з'єднання труба-решітка, застосувавши розрахункові залежності для визначення параметрів характерних крапок діаграми. Така модель представлення процесу розвальцьовування труба-решітка є досить наближеною, тому що не враховує динаміки навантаження при розвальцьовуванні роликами.

Попередні розрахунки режимів деформування при формуванні вузла кріплення труба-решітка осьовим деформуванням по новій методиці підтвердили про істотні погрішності в розрахунках, що не дозволяють їхнє використання через некерованість процесу НДС з'єднання труба-решітка.

Вивчення НДС з'єднання труба-решітка по діаграмах деформування, отриманих експериментальним шляхом, дозволило ефективно керувати



режимами деформування, простежити вплив різних факторів на герметичність і міцність з'єднання, установити фізичну сутність процесу формування вузла кріплення труба-решітка.

Дослідження та керування технологічним процесом формування вузла кріплення труба-решітка по діаграмам у процесі навантаження та розвантаження зразків-свідків використовують принципово нову схему гідростатичного навантаження з використанням поліуретанових стрижнів або втулок.

Технологічний процес здійснюється на лабораторному пресі «Fritz Neckert» типу RD 10/D0 шляхом тиску осьового зусилля на поліуретановий стовпчик або втулку, що впливають на оболонку труби і решітки з'єднання.

Контроль процесу деформування здійснюється датчиком осьового ходу з 100 кратним збільшенням і обраним масштабом по осьовому навантаженню.

Технологічний процес вивчення НДС з'єднання передбачає кілька схем навантаження і розвантаження одиночних елементів труб, еквівалентних втулок, а також труб-решіток.

Отримані діаграми НДС з'єднання і його елементів дозволили визначити кількісно і якісно циклічне і разове осьове навантаження і переміщення поліуретанового стрижня від осьового ходу пуансона в процесі формування вузла кріплення труба-решітка; установити по істинних діаграмах значення радіальних зусиль відповідному закінченню деформування труби в характерних крапках; визначити лінії рівноважного стану з'єднання труба - еквівалентна втулка в характерних крапках процесу навантаження; одержати загальну картину НДС з'єднання труба - еквівалентна втулка, що характеризує залишковий тиск у з'єднанні; визначити різницю закінчення навантаження еквівалентної втулки і труби, що обумовлюють величину натягу в з'єднанні для кожної характерної крапки діаграми; додаткову перевірку відповідності значень величини залишкового тиску діаграми деформування зі значеннями, отриманими по тензодатчикам.

Таким чином, керування НДС з'єднання труба-решітка по спільних еталонних діаграмах для конкретного типу з'єднання дозволяють експериментальним шляхом встановлювати оптимальні режими деформування при досягненні максимальних значень залишкових тисків у з'єднанні. Діаграма деформування з'єднання труба-решітка представляє можливість з мінімальними витратами одержати характерну картину процесу НДС з'єднання, керуючи при цьому параметрами деформування.

Науково-обгрунтований аналіз отриманих даних по діаграмах деформування для обраного сполучення з'єднання труба-решітка дозволили установити оптимальні режими деформування, що забезпечують максимально можливу герметичність і міцність з'єднання труба-решітка теплообмінних енергетичних установок, виконаних осьовим деформуванням.



# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТПП НА БАЗЕ МОДУЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

*М.Ю. Думанчук, А.Г. Пугач*

Принцип построения модульных технологических процессов заключается в том, что в качестве объекта классификации принято сочетание поверхностей, предназначенных для совместного выполнения законченной служебной функции детали. Такое сочетание поверхностей или отдельная поверхность называется модулем поверхностей (МП).

Номенклатура МП ограничена 26 наименованиями и любую деталь можно представить совокупностью МП из этой номенклатуры.

В зависимости от служебного назначения все МП можно разделить на три класса: базирующие (Б), рабочие (Р), связующие (С). Каждый класс делится на подклассы, группы, подгруппы.

Группа МП, изготавливаемых по одному технологическому процессу, получила название интегрального модуля поверхностей (МПИ). Как правило, образование МПИ осуществляется присоединением МПС к МПБ или к МПР.

Для изготовления конкретного МПИ должен разрабатываться соответствующий технологический модуль, представляющий собой часть технологического процесса (технологический блок ТБ). Для осуществления ТБ создаются соответствующие станочные модули (МС), модули приспособлений (МПр), инструментальные модули (МИ) и модули контрольно-измерительных средств (МКИ).

При проектировании технологического процесса изготовления детали „Шток”, 317-49.30-01-01 была использована одна из последних разработок в области технологии машиностроения – модульная технология.

При анализе модульной технологии и проектировании технологического процесса изготовления конкретной детали был обнаружен ряд недостатков модульного проектирования технологических процессов:

1) большое количество связующих модулей, состоящих в основном из одной поверхности;

2) необходимость обработки некоторых МПИ на нескольких станках;

3) необходимость прерывания обработки МПИ для термообработки.

В связи с этим было принято следующее решение:

1) присоединить максимально возможное число МПС к МПБ, тем самым, повышая технологичность МПБ и уменьшая количество МПС;

2) ввести поэтапность обработки МПИ, что позволяет производить обработку одного модуля поверхностей на разных станках, а также производить термическую обработку детали в промежутках времени между этапами механической обработки, не нарушая технологического процесса обработки детали.



# СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ДОЛБЯКОВ

*А.В. Рощупкин, А.В. Евтухов*

Аналитический расчет и выбор оптимальных конструктивных и геометрических параметров сложнофасонного режущего инструмента, каковым является и долбяк, - трудоемкий процесс.

Эффективными средствами для решения таких задач являются современные математические методы с применением ЭВМ, которые позволяют автоматизировать не только вычислительные операции, но и произвести сравнение и оценку получаемых результатов в автоматическом режиме.

На кафедре ТМС СумГУ разработана система автоматизированного расчета (САР) параметров долбяка.

Программа позволяет по заданным пользователем параметрам зубчатого колеса определить оптимальные с точки зрения точности, производительности, износостойкости и прочности параметры инструмента.

По сравнению с существующими, разработанная САР обладает рядом преимуществ:

- алгоритм расчета реализует оптимальный подбор инструмента, суть которого состоит в том, что результатом работы программы является нахождение параметров инструмента из области, ограниченной множеством условий;

- минимальный набор исходных данных (для работы программы достаточно знать значение модуля, количество зубьев и величину исходного смещения контура), остальные параметры зубчатого колеса, необходимые для расчёта долбяка, рассчитываются автоматически;

- простота и удобство интерфейса;

- удобная форма вывода результата (в отчёте приводятся данные о пользователе, исходные данные, результаты промежуточных расчётов, что позволяет проанализировать ход расчёта и при необходимости внести корректировки; отчёт может быть выведен на печать или сохранён как текстовый файл; к расчетной части отчёта прилагается графическая часть - эскиз долбяка с буквенным указанием параметров инструмента).

Планируются следующие усовершенствования:

- вместо эскиза долбяка в отчёте - динамически формирующаяся по результатам расчета параметрическая модель долбяка с указанием конкретных размеров инструмента;

- возможность сравнения расчетных параметров долбяка со стандартными значениями при наличии соответствующей базы данных с целью выбора оптимального варианта.

Программа может быть использована в реальных производственных условиях и в учебных целях при проектировании режущего инструмента.



# ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НЕТРАДИЦИОННЫМ СУПЕРФИНИШЕМ

*Б.В. Курилов, А.И. Акилов*

Технический прогресс, дальнейшее поступательное развитие машиностроения создают все условия для увеличения производства машин и приборов высокого качества. При этом возрастает доля отделочных операций в металлообработке, обеспечивающих увеличение долговечности и надежности работы машин и механизмов, за счет повышения точности и качества обработки поверхностей.

Из всего многообразия способов отделочной обработки наиболее эффективным является способ суперфиниширования, так как он обеспечивает не только снижение шероховатости, но и формирует микрорельеф, обеспечивающий существенное увеличение опорной поверхности сопрягаемых деталей. Уменьшение толщины деформированного слоя за счет холодной обработки металла и наличие микроуглублений, служащих масляными карманами, способствуют повышению износостойкости поверхности после суперфиниширования.

Одним из существенных недостатков традиционного суперфиниширования является затухание процесса резания по мере снижения шероховатости поверхности детали до полного прекращения. Для устранения этого недостатка был предложен способ обработки, при котором кроме осевых колебаний абразивному бруску сообщались радиальные колебания, которые передавались инструменту от вибратора через упругий элемент. Таким образом, абразивный брусок периодически отрывался от обрабатываемой поверхности и вновь соприкасался с ней с некоторым ударом. Такая схема обработки была названа ударно-циклической. Она позволила стабилизировать процесс резания за счет эффективного самозатачивания брусков и лучшего вымывания продуктов износа из зоны обработки. Кинематика зависит от конфигурации детали и инструмента. Особую сложность для обработки вибрирующими брусками представляют цилиндрические поверхности, ограниченные буртами. В этом случае съем металла вдоль образующей детали происходит неравномерно. Для устранения этого недостатка разработан способ, при котором обеспечивается выстой брусков возле галтелей.

Для обработки узких и глубоких канавок типа дорожек качения колец шарико- и роликоподшипников разработан способ, при котором брусок профилируется в продольном и поперечном сечениях по форме канавок.

Для обработки труднодоступных плоских, а также криволинейных поверхностей разработан способ обработки с вихревым движением абразивного инструмента.

Большинство представленных схем обработки реализовано в конструкциях головок разработанных в СумГУ на кафедре ТМС.



# РАБОТОСПОСОБНОСТЬ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С ИЗНОСОСТОЙКИМИ ПОКРЫТИЯМИ

Д.В. Лукашенко, В.Г. Евтухов

Одним из наиболее важных показателей эксплуатации режущего инструмента является его работоспособность, определяющая состояние, при котором инструмент выполняет свою работу, имея наименьший износ рабочих поверхностей. В свою очередь, работоспособность инструмента может быть повышена благодаря эффективному сопротивлению контактной поверхности инструмента абразивному, адгезионному, коррозионно-окислительному и другим видам износа за счет износостойких покрытий.

Характерной особенностью эксплуатации инструмента из твердых сплавов и быстрорежущей стали с покрытиями, является возможность его дальнейшего использования после переточки по одной из рабочих поверхностей. Такой инструмент имеет преимущества по сравнению с инструментом, изготовленного из такого же материала, но без покрытия. Несмотря на изменение условий контактного взаимодействия на рабочей поверхности, с которой было удалено покрытие, тепловое состояние инструмента остается более благоприятным, чем у инструмента без покрытия. Это доказывает возможность дальнейшего использования инструмента после его переточки по одной из рабочих поверхностей.

Следует также учитывать, что наибольший эффект обеспечивает покрытие, нанесенное на переднюю поверхность инструмента, так как в этом случае обеспечивается максимальное снижение термомеханической напряженности режущей части.

Анализ эффективности механической обработки детали «ось 1.1590-22.83-01», входящей в изделие «холодильный вращающийся барабан 1.1590-22.00-00», из стали 45 на токарно-винторезной и горизонтально-расточной операциях показал, что нанесение покрытий на сверла из быстрорежущей стали и твердосплавные резцы позволяет существенно улучшить процесс обработки за счет значительного повышения стойкости инструмента и, вследствие этого, - роста производительности обработки. Все это сокращает удельный расход дорогостоящих инструментальных материалов, повышает качество поверхностного слоя и точность размеров обработанных деталей.

При обработке «оси» с использованием инструментов с износостойкими покрытиями, в частности, TiC, TiN, TiCN и их сочетаний, в широком диапазоне изменения режимов резания:  $V=20...200$  м/мин,  $S=0,08...0,57$  мм/об,  $t=0,5...3$  мм, стойкость инструментов возрастает в 3 - 5 раз. В результате оптимизации обработки на токарно-винторезной операции с применением твердосплавных инструментов с покрытиями ее основное (машинное) время сокращается с 6,45 мин до 4,1 мин, а на горизонтально-расточной операции - с 4,25 мин до 2,25 мин. Это позволяет уменьшить расход по токарным резцам с 25 до 8 шт., а сверл - с 15 до 5 шт.



# МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

*А.У. Захаркин, Р.Н. Тютченко*

Как известно, в условиях мелко- и среднесерийного производства, наиболее рациональной является групповая форма его организации. При этом для изготовления группы деталей организуются предметно-замкнутые участки, состоящие из последовательности специализированных рабочих мест.

Каждое такое специализированное рабочее место характеризуется определенным набором свойств, определяющими его функции в составе производственной системы. Эти свойства в литературе обычно именуется технологическими возможностями. При автоматизированном проектировании технологических процессов на определенном этапе возникает необходимость принятия решения о возможности изготовления новой детали на оборудовании конкретного предметно-замкнутого участка. То есть проверка наличия рабочего места участка на котором может быть выполнена спроектированная операция. В этом случае технологические возможности всех рабочих мест производственной системы должны быть представлены в формализованном (доступном для автоматизированного анализа виде).

Формализация технологических возможностей рабочего места ставит своей целью создание его математической модели, что позволит производить выбор оборудования при автоматизированном проектировании технологических процессов итерационным методом, то есть последовательной оценкой технологических возможностей рабочих мест на соответствующем этапе проектирования технологического процесса (формирование укрупненной операции, проектирования операционной технологии, разработке управляющей программы для ЧПУ и т.д.) с заключительной проверкой по экономическим критериям.

Наиболее рациональной, с нашей точки зрения, является модульная структура математической модели технологических возможностей рабочего места которая представляет собой контур, состоящий из отдельных модулей. При этом каждый из модулей такой модели содержит информацию о конкретных технологических свойствах рабочего места (множество выполняемых технологических переходов, размеры рабочей зоны, количество размещаемых инструментов, возможные схемы базирования, наличие конвейера и т.д.), учитываемых на ранее приведенных этапах проектирования технологических процессов. Это позволяет производить ее последовательное составление по мере расширения количества задач, решаемых в автоматическом режиме.



Рассмотрим процесс наполнения информацией модуля выполняемых на станке множества технологических переходов.

Для универсальных станков множество выполняемых на них переходов зависит от типа станка и квалификации рабочего. Для станков с ЧПУ, работающих в автоматическом режиме, на состав множества выполнимых на станке технологических переходов, составляющих их модуль, оказывает влияние тип управляющей системы (позиционная, контурная и т.д.).

В общем случае в состав предметно-замкнутого участка может входить оборудование различных типов, на которых выполнимо довольно большое число разнообразных технологических переходов, которые составляют множество выполнимых переходов участка. Большая размерность этого множества затрудняет описание их подмножества для конкретного станка. Это вызывает необходимость минимизации элементов множества выполняемых переходов производственной системы. Одним из путей решения данного вопроса является разделение множества технологических переходов на подмножества, характеризующие определенный метод обработки.

Другим путем является объединения технологических переходов в классы (создание классификатора), которые и составляют множество выполняемых технологических переходов производственной системы.

В основу методики построения классификатора технологических переходов положено предположение: все переходы, выполнимые в данной производственной системе, составляют конечное множество  $\theta$ . Это множество может быть разбито на отдельные подмножества (классы)  $P_i$ :

$$\theta = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}, \quad (1)$$

которые объединяют переходы, характерные для определенного метода обработки и сочетания движений рабочих органов станка.

По этому принципу было сформировано тридцать классов переходов. Они охватывают все основные виды обработки, в том числе и термическую. С увеличением номера класса внутри вида обработки возрастает сложность взаимных перемещений рабочих органов станка.

Виды обработки в классификаторе расположены в порядке их типовой применяемости в технологических процессах.

Данная методика описания технологических возможностей рабочих мест позволяет разрабатывать математическую модель технологических возможностей довольно сложной производственной системы, имеющей в своем составе, как универсальные станки, так и станки с ЧПУ различных групп. Аналогичный подход применяется и для структуризации других модулей общего контура технологических возможностей конкретных рабочих мест.



# ТЕХНІЧНА ТЕПЛОФІЗИКА



# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ РАБОЧИХ ВЕЩЕСТВ

*В.М.Арсеньев, Д.А.Левченко, М.Н.Бондаренко*

Выбор рабочего вещества (хладагента) для парокомпрессионного теплового насоса требует учёта двух основных температурных уровней:

- температуры утилизируемой среды на выходе из испарителя,  $t_{y2}$ ;
- температуры среды потребителя после конденсатора,  $t_{п2}$ .

Использование в качестве утилизируемой среды естественных источников теплоты и низкопотенциальных вторичных энергоресурсов ограничивает диапазон температуры хладагента в испарителе теплового насоса в диапазоне  $0...20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Что касается уровня температуры конденсации зависящей от  $t_{п2}$ , возможно выделить три группы объектов потребления тепловой нагрузки:

- 1) системы горячего водоснабжения и воздушного отопления, для которых  $t_{п2}=40...55\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 2) системы водяного отопления,  $t_{п2}=70...90\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 3) теплотехнические установки (сушилки, выпарные аппараты, ректификационные колонны и др.) для которых,  $t_{y2}=40...80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{п2}=80...120\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Для первой группы объектов доказано преимущество применения смеси пропана и бутана в тепловом насосе по сравнению с R22.

Применение тепловых насосов для второй группы объектов имеет два основных ограничения: 1) давление конденсации не должно превышать 16 бар; 2) коэффициент преобразования должен быть не менее 2,5, чтобы обеспечивались меньшие энергозатраты в сравнении с традиционными системами теплогенерации.

Для третьей группы объектов наилучшими рабочими веществами являются чистые углеводороды n-бутан, n-пентан или их бинарные смеси. Применение указанных веществ связано с тем, что для них характерны меньшие значения разности давлений конденсации и кипения по сравнению с другими хладагентами.

Для оценки коэффициента преобразования теплового насоса в зависимости от уровня давлений  $P_k$  и  $P_n$  было использовано уравнение:

$$\varphi = \frac{1,72 \cdot q_v}{P_n - 0,73 \cdot P_{nc}}$$

где  $q_v$  - удельная объемная холодопроизводительность цикла,  $\text{кДж}/\text{м}^3$

$P_n$  и  $P_{nc}$  - давление нагнетания всасывания соответственно, бар

Использование этого уравнения позволяет выполнить сравнительную оценку энергоэффективности теплового насоса без расчета узловых точек цикла, что упрощает задачу в случае применения смесей хладагентов.



# АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ С ДОВОДКОЙ ПАРАМЕТРОВ ОТ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В.М. Арсеньев, Т.А. Гурнак

Одним из перспективных направлений в экономии энергоресурсов в жилищно-коммунальном секторе является использование тепловых насосов. Эффективность их применения зависит от многих факторов, таких как: температурные уровни источника теплоты и потребителя; соотношение тарифов на теплоту и используемую энергию; уровень цен на используемую теплоту от источника, если необходимо за нее платить; тип использования привода компрессора или в целом схемного решения теплового насоса.

Под энергоэффективностью в данной работе рассматривается превышение стоимости замещаемой теплоты над энергетическими затратами ее производства в теплонасосной установке. Она является основой для определения реального экономического эффекта с учетом капитальных, эксплуатационных и сопутствующих затрат, сроком их окупаемости, получения дополнительной прибыли и других показателей.

В качестве параметра для оценки энергоэффективности принимается часовая стоимость производимой теплоты, представляющая собой отношение стоимости энергозатрат на получение 1 кВт. часа теплоты для потока среды потребителя,  $c_Q$ .

Комбинация теплонасосной установки с теплообменником догрева от централизованной тепловой сети, или так называемая бивалентная система характеризуется часовой стоимостью производства теплоты в виде следующей зависимости

$$c_Q = \frac{c_{\gamma/2} (1 + \chi_c)}{\varphi} + (c_Q)_{ТН} \cdot \chi_c, \text{ грн/кВт.ч} \quad (1)$$

В свою очередь  $(c_Q)_{ТН}$  берется из соответствующих тарифов, либо вычисляется по уравнению, содержащему удельно-массовую стоимость, грн/кг.

Задачей исследования является определение доли  $\chi_c$  соответствующей минимуму функции  $c_Q$  с учетом того, что параметр  $\varphi$ , и в определенном диапазоне  $(c_Q)_{ТН}$ , зависят от  $\chi_c$ . В работе сравниваются показатели систем горячего водоснабжения двух типов: нагрев водопроводной воды в бойлере от централизованной тепловой сети; нагрев водопроводной воды в бивалентной теплонасосной установке.

Диапазон температуры источника утилизируемой низкопотенциальной теплоты составлял 0...25°C, а для среды потребителя 55°C и 10...15 °C на входе в теплонасосную установку.



# РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ «КОМПРЕССОР – СЕТЬ» С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

*Г.А. Бондиренко, А.М. Сидько*

До последнего времени в Украине не уделялось внимание должным образом вопросам энергосбережения. Одним из основных энергоресурсов является сжатый воздух. Компрессорная станция является одним из основных потребителей электроэнергии в промышленности. Уменьшить энергозависимость производства, а, значит, снизить себестоимость выпускаемой продукции, можно осуществить 2 путями:

1. Освоение современных технологий производства, которые значительно уменьшат потребление энергоносителей. Этот способ требует значительных капиталовложений, замены существующего оборудования на новое.

2. Модернизация существующего технологического оборудования с целью повышения эффективности его использования. Это требует меньших капиталовложений, чем первый, но эффективность его меньше, чем внедрение новых технологий.

В данной работе рассматриваются методы уменьшения потребления энергии компрессором (компрессорной станции) за счет согласования работы компрессора и сети.

Режим потребления сжатого воздуха переменный во времени. Давление в сети может изменяться в заданных пределах, необходимых для работы оборудования сети. Параметры сети есть функция времени, вид которой определяется графиком потребления сжатого воздуха. При изменении характеристик сети изменяются параметры компрессора. Компрессор обычно проектируют на определенный режим работы, который называется номинальным, при этом КПД компрессора максимальный. Суть способов регулирования компрессора заключается в приведении параметров компрессора к параметрам сети так, чтобы потребляемая мощность была минимальной.

Сравниваются следующие способы регулирования: дросселирование на всасывании и на нагнетании, регулирования частоты вращения вала, байпасирование. Запрограммирована математическая модель работы компрессорной станции, которая позволяет оценить эффективность применения различных способов регулирования для любого типа компрессора и для заданных характеристик потребления сетью сжатого воздуха. При этом характеристика сети может быть задана как наперед, так и сгенерирована в реальном масштабе времени. Принцип данной модели позволяет создать алгоритм управления компрессорами, обеспечивающий максимальную эффективность работы станции при переменных режимах потребления.



# СТРАТЕГИЯ ЭНЕРГЕТИКИ ПО МЕТОДУ Е. ЯНТОВСКОГО. СТРАТЕГИЯ ЭНЕРГЕТИКИ В ДАЛЕКОМ БУДУЩЕМ

*С. В. Сердюк, А. М. Павлюченко*

В 1991 году доктором технических наук Е. Янтовским вместо угольной энергетики была предложена «солнечная энергетика». Первая солнечная установка Янтовского – «солнечный пруд»

Физическое явление, на котором основан способ «солнечного пруда», открыто русским исследователем Калечинским еще в 1902 году. Смысл его в том, что в неглубоком водоеме создается «коктейль», нижний слой которого образует очень крепкий рассол, полученный упариванием морской воды или непосредственно из подземных потоков, а верхний слой составляет пресная вода. Тяжелый рассол не поднимается наверх, таким образом, образуется своеобразная жидкостная теплица, аккумулирующая придонной зоне тепло.

В чем состоит метод Янтовского: Плотность солнечного излучения в среднем за сутки на широте 35 - 40° составляет около 200 Вт/м<sup>2</sup>. Это очень малая величина. Пруд улавливает излучение на большой площади, и когда нагретый солнцем рассол подается по трубе к энергетической установке, происходит гидродинамическая концентрация энергии, собранной слабой вынужденной конвекцией в нижней зоне водоема. Плотность потока энергии достигает значений таких же, как в котлах и даже выше -  $2 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>. Поэтому размеры оборудования получаются малыми, а стоимость его низкой.

Электропроводность рассола во много раз выше, чем у морской воды. Она вполне достаточна для самовозбуждения МГД – генератора с двухфазным соплом, в котором ускоряется рассол, нагретый солнцем до 85 - 95°C. В сопле рассол вскипает, пар конденсируется при 10 - 20°C и дает пресную воду, а поток тяжелого электропроводного рассола, огибая стенку инерционного сепаратора, поступает в канал МГД – генератора. Большая международная группа ученых, исследователей и конструкторов создала по этой схеме три установки (две по 500 кВт и одну – 1000 кВт), которые работают на юге Испании.

Кроме схеме «солнечного пруда» доктором Янтовским были предложены так же схемы «фотоэлектрического преобразователя», схема «фотохимического двигателя», а также схема «солнечно – газовой электростанции».

Что ж относительно стратегии энергетики в далеком будущем, то эксперты NASA заявили, что готовы создать материал, в точности имитирующего лунный грунт – реголит.

Группа ученых из Университета Хьюстона представила робот, способный изготавливать из реголита солнечные батареи. Следует заметить, что в составе реголита есть все необходимое для создания солнечных панелей вещества.



# РАСЧЁТ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ СТРУЙНО-РЕАКТИВНОЙ ТУРБИНЫ

*С.М. Ванеев, Д.С. Воскобойников*

В настоящее время актуальной является задача создания чисто пневматического привода для шаровых кранов больших проходных сечений ( $DN=300-1400$  мм), устанавливаемых в обвязке и на линейной части магистральных газопроводов.

Ведя работы по совершенствованию конструкции и поиску новых схем приводов, в 1988 году в СНПО им. Фрунзе был создан опытный образец пневморивода со струйно-реактивным двигателем. Этот привод имеет ряд преимуществ перед другими типами пневматических и пневмогидравлических приводов: простота конструкции, высокая надежность, малая инерционность и др. Основным элементом привода является струйно-реактивная турбина (СРТ).

Учитывая сложность термогазодинамических процессов течения газа в трактах СРТ и необходимость создания более совершенной конструкции, стала актуальной задача создания достоверной математической модели, обеспечивающей многовариантный поиск на ЭВМ.

Основной задачей повышения эффективности СРТ является минимизация потерь энергии в проточной части турбины, для оценки которых используется коэффициент восстановления полного давления.

Величина коэффициента восстановления полного давления определяется потерями на трение по длине газового тракта, потерями на местных сопротивлениях, а также потерями на скачке уплотнения.

Общий теоретический анализ течения газа на цилиндрических участках СРТ и разработка математической модели проводится с использованием теории одномерного адиабатного течения с трением в трубе постоянного сечения.

Общий алгоритм расчета течения по газовому тракту СРТ построен на разбиении канала газового тракта на участки (питательное сопло, входной цилиндрический участок, диффузор, поворотный участок, радиальный участок газового тракта - плеча-консоли ротора, поворотный участок перед тяговым соплом, тяговое сопло) и описании течения на каждом участке.

Описание и расчет течения на каждом участке СРТ проводится с использованием газодинамических функций.

Величина коэффициента восстановления полного давления определяется потерями на трение по длине газового тракта, потерями на местных сопротивлениях, а также потерями на скачке уплотнения.

В дальнейшем предполагается производить частичный учёт реальных свойств газа в характерных сечениях газового тракта СРТ.



# АНАЛИЗ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В ВИХРЕВЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ТУРБИНАХ

*С.М. Ванев, А.Ю. Овчаренко*

В результате анализа литературных источников можно сделать вывод о том, что вихревые турбины являются очень перспективными. В области малых расходов рабочей среды и малых мощностей (до 500 кВт) вихревые турбины сравниваются по эффективности с классическими (осевыми и центробежными) турбинами, т.к. классические турбины в этом диапазоне расходов и мощностей приходится делать парциальными, что существенно снижает их эффективность. Вихревые турбины просты по конструкции, технологичны и являются низкооборотными, что часто позволяет выполнять агрегаты на базе этих турбин в безредукторном исполнении.

Также можно сделать вывод, что практически не исследованы проточные части с боковым каналом, хотя они могут оказаться наиболее эффективными, т.к. имеют наибольшую радиальную протяженность лопаток рабочего колеса по сравнению с другими типами проточных частей.

В одной из работ была проведена попытка теоретического анализа рабочего процесса в вихревой пневматической турбине с периферийным каналом. Теоретическое описание рабочего процесса в вихревой пневматической турбине оказывается весьма сложным из-за трехмерности и неоднородности течения вдоль проточной части. В этой работе был сделан целый ряд допущений:

В результате была получена система уравнений, описывающая рабочий процесс в вихревой пневматической турбине с периферийным каналом. Эта система преобразована к приемлемому для решения виду, состоит из пяти уравнений и описывает течение газа как в колесе, так и в канале: для течения в колесе реализуются все пять уравнений, а для перехода к течению в канале достаточно формально положить проекции вектора по нормали к лопатке  $n_{np} = n_{nr} = n_{nr} = 0$  (отсутствие лопаток и объемных сил). При этом исключается одно неизвестное и пятое уравнение превращается в тождество.

С учетом результатов, полученных при теоретическом исследовании вихревой пневматической турбины с периферийным каналом, предполагается проведение теоретического анализа рабочего процесса в вихревой пневматической турбине с боковым каналом.

В настоящее время разрабатывается экспериментальная модель и экспериментальный стенд для исследования вихревой пневматической турбины с боковым каналом и сопловым аппаратом.

Предполагается исследовать влияние угла установки лопатки, угла наклона лопатки, угла установки сопла, смещения оси сопла относительно оси канала, диаметра сопла и количества лопаток на к.п.д. турбины.



# ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГЕНЕРАТИВНОГО НАДАТМОСФЕРНОГО ЦИКЛА С ТЕПЛООБМЕНОМ РАЗОМКНУТОЙ ВОЗДУШНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

*Ю.М. Вертепов, Н.А. Ермоленко, С.В. Горленко*

В разомкнутых нерегенеративных циклах ГХМ чаще всего рабочим веществом является воздух. Такие холодильные машины называются воздушными (ВХМ). Воздух невзрывоопасен, безопасен экологически, гигиеничен, может подаваться прямо в охлаждаемое помещение, недорог и доступен. Холодный воздух можно использовать в различных холодильных технологиях, применяемых в пищевой, химической, металлургической, машиностроительной и других отраслях промышленности. В ВХМ отвод теплоты сжатого в компрессоре воздуха в окружающую среду можно осуществлять путем тепло - и массообмена в регенеративных теплообменниках в результате чего необходимость в промежуточном холодильнике с водяным охлаждением отпадает.

Необходимым элементом замкнутых нерегенеративных и регенеративных ГХМ является промежуточный холодильник, в котором теплота от сжатого в компрессоре газа отводится в окружающую среду охлаждающей водой с соответствующими эксплуатационным затратам. [1]

Энергетическая эффективность работы разомкнутой ВХМ, работающей по регенеративному надатмосферному циклу с тепломассообменом, в значительной степени зависит от оптимального выбора отношения давлений в компрессоре, причем как для теоретического, так и для действительного циклов. В работах [1,2] этот вопрос не нашел отражения, хотя для расчета параметров этих ВХМ необходимо оценить влияние на такие величины, как температура холодного источника  $T_x$  и недорекуперация в регенераторах  $\Delta T_p$ .

Выражение для условного холодильного коэффициента разомкнутой ВХМ, работающей по теоретическому регенеративному надатмосферному циклу с тепломассообменом, имеет вид [2]

$$\varepsilon_T = \frac{C_p T_x (1 - \pi_{\kappa T}^{\frac{1-\kappa}{\kappa}})}{C_p T_x \left[ \frac{T_{oc}}{T_x} \left( \pi_{\kappa T}^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right) - \left( 1 - \pi_{\kappa T}^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} \right) \right]}$$



Алгоритм расчета условного холодильного коэффициента  $\varepsilon_T$  можно представить в виде следующей последовательности вычислений величин, удобной для составления программы расчета на ЭВМ:

$$A = 1 - \pi_{\kappa T}^{\frac{1-\kappa}{\kappa}},$$

$$B = \pi_{\kappa m}^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1,$$

$$C = \frac{T_{oc}}{T_x} \cdot B,$$

$$4) \varepsilon_T = \frac{A}{C - A}$$

Выражение для условного холодильного коэффициента разомкнутой ВХМ, работающей по действительному циклу, равно

$$\varepsilon = \frac{C_p T_x \left\{ \left[ 1 - \left( \pi_{\kappa} \tau_{mp} \tau_p^2 \tau_A \right)^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} \right] \eta_{sd} - \frac{\Delta T_p}{T_x} \right\}}{C_p T_x \left\{ \frac{T_{oc}}{T_x \eta_{sk}} \left( \pi_{\kappa}^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right) - \left[ 1 - \left( \pi_{\kappa} \tau_{mp} \tau_p^2 \tau_A \right)^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} \right] \eta_{sd} \right\}}$$

Характер зависимости  $\varepsilon_T = f(\pi_{\kappa m})$  показывает, что с возрастанием  $\pi_{\kappa m}$  величина  $\varepsilon_T$  уменьшается. Для действительного цикла зависимость  $\varepsilon = f(\pi)$  имеет максимум по величине  $\pi_{\kappa}$ , лежащей в пределах  $\pi_{\kappa} = 2,5$ . Для  $T_{oc} = 293\text{K}$  и  $T_{\kappa} = 223\text{K}$ . анализ зависимости  $\varepsilon_T = f(T_x)$  показывает, что с увеличением  $T_x$  от 213K до 243K  $\varepsilon_T$  увеличивается на 28%. Анализ зависимости  $\varepsilon = f(\Delta T_p)$  показывает, что при повышении  $\Delta T_p$  от 2 до 5 градусов  $\varepsilon$  снижается на 24%.

Список источников:

Холодильные машины. Под ред. И.А. Сакуна -Л.: Машиностроение, 1985-506с.

Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин. Под ред. И.А. Сакуна -Л.: машиностроение, 1987-422с.



# АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАЗОВ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

*Н.В. Калинин, А.Н. Шевцов*

Для расчета термодинамических свойств газов, которые находятся в идеально газовом состоянии, используется уравнение состояния Менделеева-Клайперона. Формулы для расчета термических и калорических параметров идеального газа имеют простую форму (например, теплоемкость  $C_p^{ид}$  и энтальпия  $i^{ид}$  идеального газа являются функцией только температуры), поэтому использование уравнения состояния Менделеева-Клайперона в тех случаях, когда обеспечивается приемлемая точность расчетов, является удобным. Однако свойства реального газа значительно отличаются от свойств идеального, поэтому использование уравнения Менделеева-Клайперона ограничено.

Существует значительное количество (более ста) уравнений состояния для определения термодинамических свойств реальных газов. Широко используется в инженерных расчетах метод обобщенных зависимостей, который основан на использовании закона соответственных состояний. Термодинамические свойства газовых смесей определяются с помощью обобщенных таблиц и графиков коэффициентов сжимаемости  $Z$ , энтальпий  $i$  и теплоемкостей  $C_p$  в зависимости от приведенных температур и давлений.

Использование уравнений состояния Битти-Бриджмена, Загорученко, Редлиха-Квонга, Бенедикта-Вебба-Рубина и др. возможно, если известны значения индивидуальных коэффициентов компонентов газовой смеси и коэффициентов, учитывающих взаимодействие компонентов.

Общее выражение для составления уравнения состояния многокомпонентной смеси по методу Загорученко:

$$z_{см} = \sum_{i=1}^n x_i \cdot z_i + \sum_i \sum_j x_i \cdot x_j \cdot \Phi_{ij}, \quad (1)$$

где  $x_i$  - мольные доли компонентов смеси;  $z_i$  - коэффициенты сжимаемости компонентов смеси;  $\Phi_{ij}$  - функция взаимодействия  $i$ -го и  $j$ -го компонентов смеси.

Коэффициенты сжимаемости компонентов смеси определяются из уравнения состояния чистых газов, которое имеет следующий вид:

$$z = 1 + B \cdot \rho_r + C \cdot \rho_r^2 + D \cdot \rho_r^3 + E \cdot \rho_r^4 + F \cdot \rho_r^5 + G \cdot \rho_r^6. \quad (2)$$



Функция взаимодействия для бинарной смеси определяется по формуле

$$\Phi_{ij} = B'_{ij} \cdot \rho_r + C'_{ij} \cdot \rho_r^2 + D'_{ij} \cdot \rho_r^3 + E'_{ij} \cdot \rho_r^4 + F'_{ij} \cdot \rho_r^5 + G'_{ij} \cdot \rho_r^6. \quad (3)$$

Применительно к природным газам принято считать, что достаточно учитывать взаимодействие метана с компонентами, содержание которых в смеси более 1%. Калорические параметры определяются на основании дифференциальных уравнений термодинамики.

Модифицированное уравнение Бенедикта-Вебба-Рубина имеет вид

$$\frac{P_r}{T_r \cdot \rho_r} = 1 + B \cdot \rho_r + C \cdot \rho_r^2 + D \cdot \rho_r^5 + \frac{c_4}{T_r^3} \cdot \rho_r^2 \cdot (\beta + \gamma \cdot \rho_r^2) \cdot e^{-\gamma \rho_r^2}, \quad (4)$$

где индекс  $r$  относится к приведенным параметрам состояния рассматриваемого вещества.

Коэффициенты уравнения (4) определяются по формулам

$$B = b_1 - \frac{b_2}{T_r} - \frac{b_3}{T_r^2} - \frac{b_4}{T_r^3}, \quad C = c_1 - \frac{c_2}{T_r} - \frac{c_3}{T_r^3}, \quad D = d_1 + \frac{d_2}{T_r}. \quad (5)$$

Калорические параметры газовой смеси определяются суммированием значения параметра в идеально-газовом состоянии и значения соответствующей поправки. Например, энтальпия газовой смеси

$i = i^{ид} + \Delta i$ , где поправка к энтальпии определяется из выражения:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta i}{R \cdot T_{кр}} = & T_r \cdot z - T_r - \left[ b_2 + \frac{2 \cdot b_3}{T_r} + \frac{3 \cdot b_4}{T_r^2} \right] \cdot \rho_r - \left[ c_2 - \frac{3 \cdot c_3}{T_r^2} \right] \cdot \frac{\rho_r^2}{2} + \\ & + \frac{d_2}{5} \cdot \rho_r^5 + \frac{3 \cdot c_4}{2 \cdot T_r^2 \cdot \gamma} \left[ \beta + 1 - (\beta + 1 - \gamma \cdot \rho_r^2) \cdot e^{-\gamma \rho_r^2} \right] \end{aligned} \quad (6)$$

Изменение удельной энтальпии при изменении состояния газа от начального до конечного определяется по формуле

$$i_k - i_{II} = \left[ \left( \frac{\Delta i}{R \cdot T_{кр}} \right)_k - \left( \frac{\Delta i}{R \cdot T_{кр}} \right)_{II} \right] \cdot R \cdot T_{кр} + \int_{T_{II}}^{T_K} c_p^{ид} \cdot dT. \quad (7)$$

Для проведения сравнительного численного анализа проведены расчеты термодинамических параметров газовой смеси в диапазоне давлений  $p = 0,7 \div 20 \text{ МПа}$  и диапазоне температур  $T = 250 \div 450 \text{ К}$  тремя методами: 1) методом обобщенных зависимостей; 2) по уравнению состояния Загорученко; 3) по уравнению состояния Бенедикта-Вебба-Рубина.



# РАСЧЕТ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В НЕПОДВИЖНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА

*А.С. Боряк, Н.В. Калинин*

Центробежные компрессоры широко используются во многих отраслях промышленности и являются крупными потребителями энергии, поэтому улучшение экономических показателей компрессоров обеспечивает существенное снижение энергозатрат. Экономичность центробежных компрессоров определяется в основном газодинамическими характеристиками элементов проточной части, в том числе неподвижных элементов ступени. Одним из способов улучшения характеристик этих элементов является управление отрывом потока, в частности обеспечение безотрывного состояния пограничного слоя. Для решения указанной задачи необходимо проведение численных расчетов течения газа.

В настоящее время для расчетов течения газа в центробежных компрессорах все чаще применяются сложные модели течения, в которых решается численно уравнение Навье-Стокса:

$$\begin{aligned}c_r \frac{\partial c_r}{\partial r} + \frac{c_u}{r} \frac{\partial c_r}{\partial \theta} + c_z \frac{\partial c_r}{\partial z} - \frac{c_u^2}{r} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + F_r \\c_r \frac{\partial c_u}{\partial r} + \frac{c_u}{r} \frac{\partial c_u}{\partial \theta} + c_z \frac{\partial c_u}{\partial z} + \frac{c_r c_u}{r} &= -\frac{1}{\rho r} \frac{\partial p}{\partial \theta} + F_u \\c_r \frac{\partial c_z}{\partial r} + \frac{c_u}{r} \frac{\partial c_z}{\partial \theta} + c_z \frac{\partial c_z}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + F_z.\end{aligned}\quad (1)$$

Однако моделирование потока сопряжено с рядом трудностей, что связано как со сложностью физических процессов происходящих в исследуемых аппаратах, так и с проблемами адекватности математических моделей. Расчеты выполняются с использованием прикладных программ, предназначенных для моделирования пространственных турбулентных течений в устройствах сложной формы, например, ANSYS/Flotran, Fluent, CFX-TASCflow, FlowER и др.

В предлагаемом сообщении рассматриваются результаты расчетов, выполненных с использованием программного комплекса FlowER. В программном комплексе FlowER реализуется математическая модель и численные методы для расчета пространственного течения вязкого газа в лопаточных аппаратах турбин и компрессоров, что позволяет конструктору осуществлять поиск рациональной формы лопаточных аппаратов с помощью вычислительного эксперимента без привлечения (по крайней мере, на начальных этапах пространственного профилирования) эксперимента физического.



Газодинамические расчеты трехмерного вязкого потока в многоступенчатой турбомашине в программном комплексе FlowER выполняются путем численного решения уравнения Навье-Стокса. Течение газа описывается уравнениями Навье-Стокса, осредненными по Рейнольдсу. Моделирование турбулентности осуществляется с помощью дифференциальной модели Ментера (SST). Свойства рабочего тела описываются уравнениями состояния совершенного газа, Тамманна и Ван-дер-Ваальса с постоянными либо переменными теплоемкостями. Исходные уравнения решаются численно по одной из схем:

- GOD — оригинальная схема Годунова, схема первого порядка точности по пространству самое неточное решение, погрешность метода во всех ячейках превосходит вязкие члены, поэтому попытки учета вязкости и турбулентности бессмысленны — схемная вязкость будет преобладать и подавит вязкость физическую;

- TVD — схема Годунова-Колгана — схема локально второго порядка точности по пространству, но первого порядка в отдельных точках (на локальных экстремумах и границах). Повышение порядка точности, по сравнению со схемой Годунова, осуществляется с помощью интерполяционных формул, записанных для примитивных переменных — давление, плотность и декартовы компоненты скорости, в результате могут быть проявления недостаточной устойчивости решений;

- ENO — схема второго порядка точности по пространству во всех точках гладкого решения, схемная вязкость мала по сравнению с вязкостью физической, более высокая точность решений, для повышения порядка точности используются интерполяционные формулы, записанные для примитивных переменных, в результате могут быть проявления недостаточной устойчивости решений;

- TVH — TVD Годунова-Колгана с характеристическими производными (то же самое, что и TVD, но так как для повышения порядка точности используется интерполяция с производными от характеристических переменных, то схема более устойчива);

- ENH — ENO схема типа Годунова с характеристическими производными (то же самое, что и ENO, но так как для повышения порядка точности используется интерполяция с производными от характеристических переменных, то схема более устойчива).

Расчеты проводились для обратного направляющего аппарата компрессора 16ГЦ2 — 340/60 — 85М. В результате были получены:

1) графики изменения статического давления и скорости (распределение параметров по окружному направлению);

2) изолинии статического давления и скорости для шага решетки, ширины лопатки и длины лопатки (различные сечения проточной части).

Также получены данные о потере в венце отнесенные к перепаду на венце, текущие потери в ступени на перепад ступени и текущие потери в проточной части на перепад турбомашин.



# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ЛОПАТОЧНОЙ РЕШЕТКЕ ОБРАТНО-НАПРАВЛЯЮЩЕГО АППАРАТА

А.Н. Калашников, Н.В. Калинин, А.С. Боряк

Для расчета течения газа в межлопаточной решетке обратного-направляющего аппарата используется система уравнений, составленная из уравнения неразрывности, уравнения сохранения момента импульса, уравнения состояния, уравнения процесса, уравнения сохранения энергии:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \cdot \bar{c}) &= 0; \\ \frac{d(c_u \cdot m \cdot r)}{dt} &= M_z; \\ p \cdot v &= z \cdot R \cdot T; \\ p \cdot v^n &= \text{const}; \\ \Delta i^* - q_{\text{вн}} &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Используя газодинамические функции, уравнение неразрывности для струйки тока шириной  $\Delta n$  можно записать в следующем виде:

$$\Delta \bar{m} = \lambda_i \cdot \varepsilon(\lambda_i) \cdot a_{\text{кр}} \cdot \rho_i^* \cdot \Delta n \cdot (2\pi \cdot r_i \cdot \sin \alpha_i - \delta_i' \cdot z_n). \quad (2)$$

Уравнение сохранения момента импульса будет иметь вид

$$\Delta \bar{m} \cdot a_{\text{кр}} \cdot (r_{\text{вх}} \cdot \lambda_{\text{вх}} \cdot \cos \alpha_{\text{вх}} - r_i \cdot \lambda_i \cdot \cos \alpha_i) - \int_{\text{вх}}^i z_n \cdot r_i \cdot \Delta p_i \cdot \Delta n_i \cdot dr = 0. \quad (3)$$

В этих уравнениях  $\lambda = \frac{c}{a_{\text{кр}}}$  - приведенная скорость;

$$a_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{2 \cdot k}{k+1} \cdot R \cdot T^*} \quad \text{- критическая скорость;}$$

$$\varepsilon(\lambda) = \frac{\rho}{\rho^*} = \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda^2\right)^{\frac{1}{k-1}} \quad \text{- газодинамическая функция плотности;}$$

$\Delta p = p_k - p_s$  - разность давлений на вогнутой  $p_k$  и выпуклой  $p_s$  поверхностях лопатки;



$\delta' = \delta_n + \delta_\Sigma^*$ ;  $\delta_n$  - толщина лопатки,  $\delta_\Sigma^*$  - суммарная толщина вытеснения. Толщина вытеснения определяется по рассчитанному значению толщины потери импульса пограничного слоя методом последовательных приближений.

Численные расчеты течения газа в проточной части центробежного компрессора при помощи простых моделей, основанных на решении уравнения Эйлера и применении полуэмпирических теорий пограничного слоя, требуют значительно меньших затрат времени, чем расчеты по более сложным моделям течения, в которых решается численно уравнение Навье-Стокса.

При решении прямой задачи газодинамики из уравнения (2) определяются значения среднерасходной скорости  $\lambda_i$  для заданных значений  $r_i$ . Вычисляются значения газодинамической функции

$$\pi(\lambda) = \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda^2\right)^{\frac{k}{k-1}}$$

и затем, используя уравнение (3), определяются

распределения давлений и скоростей вдоль выпуклой и вогнутой поверхностей лопатки. Для выполнения этих расчетов нужно задать закон изменения давлений (или скоростей) по шагу решетки.

Для решения обратной задачи газодинамики преобразуются уравнения (2) и (3):

$$\lambda_i \cdot \varepsilon(\lambda_i) \cdot \sin \alpha_i = \frac{\Delta \bar{m} \cdot R \cdot T_i^*}{a_{кр} \cdot p_i^* \cdot \Delta n \cdot 2\pi \cdot r_i \cdot \tau_i} = A(r), \quad (4)$$

$$\lambda_i \cdot \cos \alpha_i = \frac{1}{r_i} \cdot \left( r_{ax} \cdot \lambda_{ax} \cdot \cos \alpha_{ax} - \frac{z_n \cdot \Delta n_i}{\Delta m \cdot a_{кр}} \cdot I \right) = B(r), \quad (5)$$

где  $\tau_i = 1 - \frac{(\delta_n + \delta_\Sigma^*) \cdot z_n}{2 \cdot \pi \cdot r_i \cdot \sin \alpha_{ni}}$   $I = \int_{ax}^i \Delta p_i \cdot r_i \cdot dr$ .

Разность давлений  $\Delta p_i$  при заданном законе изменения давлений по шагу решетки является функцией двух параметров:  $\lambda_i$  и какой-либо из скоростей  $\lambda_s$  и  $\lambda_k$ . Определив характер изменения скорости вдоль выпуклой  $\lambda_s$  или вогнутой  $\lambda_k$  поверхности лопатки, можно определить  $\lambda_i$  и  $\alpha_i$ , решая систему уравнений (4) и (5).



# АВТОМОБИЛЬНЫЙ КОНДИЦИОНЕР АБСОРБЦИОННОГО ТИПА ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ СРЕДНЕГО КЛАССА

*А.Ф. Курилов, В.В. Панченко*

В настоящее время в автомобилях используются фреоновые системы кондиционирования. По сравнению с другими системами охлаждения они имеют небольшую металлоемкость и невысокую стоимость. Но основными их недостатками являются увеличение расхода топлива (в среднем на 10%), неэкологичность из-за использования фреонов, которые при соприкосновении с нагретыми поверхностями или при наличии открытого пламени (что при автомобильных авариях не редкость) разлагаются с образованием токсичных веществ.

Предложено использование в автомобилях абсорбционных систем кондиционирования, в которых в качестве греющего источника будет использоваться жидкость системы охлаждения двигателя.

Для таких условий наиболее подходит бромисто-литиевая холодильная машина. Аппараты бромисто-литиевой машины отличаются малым весом и компактностью агрегата. Температура греющего источника не должна превышать  $115^{\circ}\text{C}$ , не применяются отрицательные температуры, что идеально подходит для нашего случая. В такой машине холодильным агентом является вода, а в качестве абсорбента используется раствор бромистого лития, который абсолютно безвреден для человека и окружающей среды, единственным его недостатком является агрессивность к металлам, что приведет к использованию труб из медно-никелевого или нержавеющей стали, что повысит стоимость системы. Но в конечном итоге данная машина окупит себя полностью за счет экономии топлива.

Предварительные расчеты показали, что все элементы предложенной системы кондиционирования могут поместиться в подкапотном пространстве автомобиля. Также радиатор системы охлаждения двигателя можно будет заменить конденсатором предложенной абсорбционной системы.

Данная система кондиционирования позволит обеспечить комфортную температуру внутри салона автомобиля  $18\div 20^{\circ}\text{C}$  при температуре окружающей среды  $40^{\circ}\text{C}$ . При необходимости система может быть усовершенствована осушителем и увлажнителем воздуха для регулирования относительной влажности охлаждаемого воздуха.

Для экономных людей может быть предложена водоаммиачная абсорбционная система кондиционирования. Эта система дешевле предложенной бромисто-литиевой благодаря неагрессивности воды и аммиака и сравнима с ней по габаритам, но более опасна при автомобильных авариях из-за возможности утечки аммиака в окружающую среду и соприкосновения его с открытым пламенем.



# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ВАКУУМНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ВАКУУМНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

*С.С. Мелейчук, С.В. Капустян, А.С. Гладченко*

Одним из наиболее простых и надёжных способов охлаждения жидких сред является вакуумирование парового пространства над поверхностью жидкости. В большинстве случаев схемное решение системы вакуумного охлаждения предусматривает конвективное охлаждение жидкости за счёт циркуляции хладоносителя в рубашке аппарата, конденсацию пара в поверхностном конденсаторе и откачку парогазовой смеси механическим вакуум-насосом либо вакуумным агрегатом на базе механического вакуум-насоса.

Для откачки парогазовой смеси в рассматриваемых установках применяются золотниковые вакуумные насосы, что не является оптимальным выбором, особенно с позиций загрязнения окружающей среды. Кроме того, при использовании золотниковых вакуум-насосов практически невозможно обеспечить регламентируемый уровень парциального давления водяного пара в откачиваемой парогазовой смеси.

Для систем вакуумного охлаждения предложено использование следующих схем вакуумных агрегатов:

- 1) одноступенчатый жидкостно-кольцевой вакуум-насос;
- 2) двухступенчатый одновальный жидкостно-кольцевой вакуум-насос;
- 2) вакуумный агрегат на базе одно- или двухступенчатого жидкостно-кольцевого вакуум-насоса с предвключенным воздушным эжектором;
- 3) жидкостно-кольцевой вакуум-насос в комбинации с бустерным насосом типа Рутса.

В результате анализа вышеперечисленных схем выявлено, что двухступенчатые машины имеют ограниченную область применения – при давлении выше 20 кПа они уступают по экономичности одноступенчатым насосам, а при давлении меньше 5 кПа – одноступенчатым жидкостно-кольцевым вакуум-насосам с предвключенным воздушным эжектором. Наилучшие показатели двухступенчатые вакуум-насосы обеспечивают при давлении всасывания 10 кПа. При этом удельная мощность наиболее экономичных образцов составляет 1,25–1,4 кВт·мин/м<sup>3</sup>. Двухступенчатые вакуум-насосы уступают одноступенчатым по удельному расходу воды, по удельной площади установки и металлоемкости.

Дальнейший анализ применения схем вакуумных агрегатов проводился по пути выявления влияния режимных параметров работы системы вакуумного охлаждения на характеристики компонентов вакуумных агрегатов.



# ПРЕДЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ВИХРЕВОЙ ЭЖЕКТОРНОЙ СТУПЕНИ ВАКУУМНОГО АГРЕГАТА

*В.М. Арсеньев, С.С. Мелейчук*

Данные, полученные на базе экспериментальных исследований вихревых эжекторов, могут быть использованы для анализа взаимодействующих газовых потоков в условиях, так называемых предельных режимов.

Важную роль в оценке газодинамических свойств эжектора с принудительной откачкой потока смешения играют соотношения кинематических и расходных величин при отсутствии пассивного потока, или когда коэффициент эжекции равен нулю,  $U=0$ .

Указанному режиму присущи следующие особенности:

1. Равенство массовых расходов активного и смешанного потоков, т.е. массовый расход газа через активное сопло равно массовому расходу вакуум-насоса по условию его всасывания. В этом случае эжектор выполняет функции газодинамического сопротивления величиной  $\Delta P = P_A - P_C$ , которое характеризует падение полного давления в пределах границ эжектора.

2. При  $U=0$  достигается максимальное расширение активного потока,  $P_{MAX} = (P_{OA}/P_{OP})_{U=0}$ . Эта величина соответствует максимально возможной степени сжатия газа в агрегате для эжектора с определенными соотношениями геометрических параметров.

3. При установке эжектора выбранных геометрических размеров в качестве предвключенной ступени происходит самосогласование режима работы вакуум-насоса и дозвукового активного сопла (или группы сопловых вводов). Оно заключается в удовлетворении условия для активного сопла в виде  $q(\lambda_{1S}) \cdot \cos \gamma_1 = 1$ .

4. Ввиду того, что расширение активного потока в эжекторе превышает критическое ( $P > (1/0,528)$  для газов с  $k=1,4$ ), в приемной камере эжектора возможно достижение сверхкритических параметров активного потока, обусловленное наличием косога среза активного сопла и допустимости существования зоны вращения газа по закону свободного вихря.

5. В отличие от прямоосных эжекторов для расчета вихревых потоков необходимо учитывать наличие отклонения вектора абсолютной скорости от оси потока.

6. В отличие от прямоосных эжекторов режим  $U=0$  возникает не в результате запираания сечения в камере смешения за счет расширения струи активного потока, а по причине недостаточного уровня расхода потока смешения для истечения газа через пассивное сопло.

7. В качестве критерия кинематического подобия эжекторов при  $U=0$  принимается начальная степень закрутки активного потока.



# ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКОВ В ВОЗДУШНОМ ЭЖЕКТОРЕ

*С.С. Мелейчук*

Воздушный эжектор вихревого принципа эжекции имеет сложную и малоизученную структуру взаимодействия потоков в проточной части элементов эжектора.

В данной работе численное моделирование взаимодействия потоков газа в воздушном эжекторе проводилось с использованием программного комплекса FlowVision ([www.flowvision.ru](http://www.flowvision.ru)), который предназначен для моделирования трехмерных течений жидкости и газа в технических и природных объектах, а также визуализации этих течений методами компьютерной графики.

Целью моделирования движения жидкости в расчетной области является получение распределения скорости и давления в расчетной области. Для расчёта искомых параметров использовалась математическая модель – «полностью сжимаемая жидкость», описывающая физические законы изменения скорости и давления при турбулентных числах Рейнольдса и любых изменениях числа Маха. Данная математическая модель предполагает решения следующих уравнений: уравнение Навье-Стокса, уравнение энергии, уравнение модели турбулентности несжимаемой жидкости основанной на  $k$ - $\epsilon$  модели турбулентности, уравнение неразрывности.

Для численного моделирования взаимодействия потоков использовались твердотельные параметрические модели проточной части воздушного эжектора, основанные на натуральных образцах. Особенностью проведенного численного эксперимента является то, что входные и выходные граничные условия задавались согласно полученным экспериментальным данным на стенде исследования вакуумных агрегатов с предвключенным воздушным эжектором.

В результате проведенного исследования удалось установить следующее:

1. Течение потоков в камере смешения вихревого эжектора подчиняются законам вынужденного и свободного вихрей.

2. Оптимальное число каналов ввода активного потока равно 2, при осесимметричном расположении каналов относительно приемной камеры.

3. Принудительная закрутка пассивного потока существенно не влияет на характер течения в камере смешения, поэтому нет необходимости в ее исполнении.

4. На выходе из камеры смешения смешанный поток еще обладает тангенциальной составляющей скорости, что вызывает необходимость предусмотреть дополнительное раскруточное устройство за диффузором.



# ОПЫТНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖИДКОСТНОКОЛЬЦЕВОЙ МАШИНЫ В КОМПРЕССОРНОМ РЕЖИМЕ

*В. Н. Козин*

+

Развитие пищевых и химических технологий в настоящее время требует производства компрессоров и вакуумных насосов, способных сжимать агрессивные и взрывоопасные газы без загрязнения их смазочными материалами. Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют жидкостнокольцевые машины (ЖКМ).

Данный класс машин обладает следующими преимуществами: простота конструкции и высокая надежность; сравнительно низкая металлоемкость машины и всей установки; отсутствие необходимости в фильтрах для пыли и масла; отсутствие смазки и трущихся частей в рабочей полости машины; близкий к изотермическому процесс сжатия рабочего агента вследствие отвода тепла жидкостью; низкий уровень звукового давления; низкий уровень вибраций обуславливается полной уравновешенностью движущихся частей машины. В ЖКМ можно использовать различные по своим физико-химическим свойствам рабочие жидкости, и за счет этого сжимать токсичные, взрывоопасные, легко разлагающиеся, полимеризующиеся и воспламеняющиеся газы, пары и газожидкостные смеси, в том числе агрессивные и загрязненные механическими примесями. Известны случаи применения ЖКМ в составе агрегатов для откачки кислорода и попутных газов при добыче полезных ископаемых.

В связи с этим ЖКМ получили широкое распространение в целлюлозно-бумажной, угольной, нефтегазовой, стекольной, пищевой, фармацевтической и других отраслях промышленности.

Опытный стенд включает в себя ЖКМ с расположенными на всасывающем и нагнетательном патрубках запорными вентилями служащими для запуска ЖКМ с целью уменьшения пусковых нагрузок на двигатель (вентиль на всасывании) и для создания избыточного давления при исследовании работы ЖКМ в компрессорном режиме (вентиль на нагнетании), водоотделитель, служащий для разделения жидкости и газа на выходе из ЖКМ, соединительные трубопроводы, арматуру и систему измерений. Кроме того, торцевая крышка корпуса ЖКМ имеет прозрачную структуру для исследования формы жидкостного кольца. А так же в стенде предусмотрена возможность изменять величину эксцентриситета. Для этого имеются три сменные стальные обечайки корпуса с различными величинами относительного внутреннего диаметра  $D_3 / D_2$  соответственно равными 1,11; 1,15; 1,19, что дает возможность обеспечить максимальные величины



относительного эксцентриситета рабочего колеса соответственно 0,11; 0,15; 0,19. Привод ЖКМ осуществляется от двигателя постоянного тока с изменением окружной скорости вращения рабочего колеса посредством изменения напряжения на генераторе и реостатом, включенным в сеть обмотки возбуждения. Рабочая жидкость подается в ЖКМ из сети через торцевые зазоры, при этом контролируются параметры рабочей жидкости на входе в ЖКМ и выходе из водоотделителя. Кроме того, контролируются параметры сжимаемого газа на входе в и выходе из ЖКМ. Замеряются также давления и скорости рабочей жидкости (воды) в безлопаточном пространстве и сжимаемого газа (воздуха) в рабочей полости ЖКМ.

В настоящее время для проектирования ЖКМ, работающих в компрессорном режиме (ЖК) фактически отсутствуют надежные средства, позволяющие создавать машины в строгом соответствии с заданными параметрами, а тем более производить их поверочные расчеты. Для получения минимальной удельной мощности и максимального эксергетического КПД необходимо в каждом конкретном случае опытным путем подбирать соответствующие величины геометрических и кинематических параметров машины.

Поэтому в настоящее время существует острая потребность в эффективных методах анализа, способных обеспечить создание новых конструкций ЖК в соответствии с заданными условиями работы при минимальных затратах материальных средств и времени с одновременным достижением высокой эффективности спроектированных машин. С другой стороны, совокупность опытных данных и их теоретическое обобщение должны предоставить возможность моделирования работы ЖК с различными геометрическими соотношениями и на различных режимах работы, что даст возможность прогнозирования работы многоступенчатых компрессорных систем. Вышеизложенное представляет собой основные цели диссертационной работы автора.

Экспериментальный стенд позволяет решать следующие задачи:

- Экспериментальные исследования зависимости расходных и энергетических показателей машины от геометрических, кинематических и режимных параметров;
- Экспериментальные исследования гидродинамических особенностей течения рабочей жидкости в рабочей полости ЖКМ с целью уточнения математической модели;
- Анализ факторов, которые определяют расходные и энергетические показатели ЖКМ;
- Уточнение и дальнейшая разработка математической модели движения потока жидкости в рабочей полости ЖКМ;
- Проверка полученных научных результатов путем сопоставления расчетных и экспериментальных данных.



**ПРИКЛАДНЕ  
МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА  
ТЕХНОЛОГІЇ КОНСТРУКЦІЙНИХ  
МАТЕРІАЛІВ**



# ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СТЕРЖНЕЙ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

*В.И. Сигова, В.А. Яковлев*

В данной работе проведён эксперимент по повышению эксплуатационных свойств стержней литейных форм. Известно, что условия работы стержня литейной формы для литья под давлением бронзовых изделий, очень тяжёлые. Подвергаясь многократному воздействию высоких напряжений гидравлических ударов и температур. В течение каждого цикла запрессовки стержень испытывает многократные резкие колебания температуры, что приводит к образованию на поверхности разгарных трещин. В связи с вышесказанным стали для стержней должны отличаться высокими механическими свойствами, износостойкостью, прочностью, окалинотойкостью, сохранять эти свойства при повышенных температурах и хорошо сопротивляться разъеданию поверхности расплавленным металлом.

Повышение износостойкости и разгаростойкости является одной из важнейших задач, которые должны учитываться при изготовлении, ремонте и эксплуатации стержней. Исходя из условий эксплуатации литейной формы нами, выбрана штамповая сталь 3Х2В8, которая сохраняет свои высокие механические свойства до температур 600-650°C. Для обеспечения высокой разгаростойкости и износостойкости выбран процесс упрочнения диффузионное хромирование. Техническое исполнение этого вида химико-термической обработки может быть выполнено рядом способов, например, возможно использование погружения детали в расплавы солей насыщающего металла, насыщения поверхности детали из газовой фазы, состоящей из галогенидов диффундирующего металла, диффузии насыщающего металла путем его испарения из сублимированной фазы, метода циркуляционного газового насыщения. Нами выбран процесс диффузионного насыщения в жидких средах.

Диффузионное насыщение поверхности стали хромом, также уменьшает скорость ползучести материала повышает его сопротивление термическим ударам. Хромирование повышает предел выносливости стали при комнатных и повышенных температурах, что связано с возникновением в слое сжимающих напряжений, обеспечивает более высокую окалинотойкость и эрозионную стойкость. Процесс насыщения производили в расплавах нейтральных солей  $BaCl_2 + NaCl + CaCl_2$  к которым добавляли  $CrCl_2$  в количестве 15-20% от массы нейтральных солей, температура процесса 1070+10°C с выдержкой 4-6 часов. В результате процесса получен хромированный слой толщиной 15-30 мкм, микротвёрдостью Н<sub>μ</sub> 1400-1600.

Для повышения прочности и твёрдости после хромирования стержни подвергали закалке, и высокотемпературному отпуску. После такого вида термической обработки твёрдость сердцевины стержня HRC 28-32.



# ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВАЛА НАСОСА ПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО РАДИАКТИВНУЮ ЖИДКОСТЬ

*Л.Ф. Руденко, А.А. Ерёменко*

В данной работе проведена разработка методики по повышению эксплуатационных свойств вала центробежного насоса перекачивающего радиоактивную жидкость. Известно, что работа вала протекает в очень тяжёлых условиях, при повышенных температурах (порядка  $150^{\circ}\text{C}$ ), подвергается переменным нагрузкам, трению, износу, крутящему моменту, межкристаллитной коррозии.

Под воздействием радиации материалы начинают «ползти», «распухать», «охрупчиваться», упрочняться. Перечень дефектов может быть продолжен. Это и радиационно-стимулированная диффузия, радиационно-индуцированные фазовые превращения в твёрдых телах, блистеринг, образование сверхрешётки дефектов и многое другое.

Учитывая выше сказанное, материал для изготовления вала, прежде всего, должен быть радиационно-стойким, а также характеризоваться высокими технологическими свойствами, износостойкостью, жаропрочностью, коррозионной стойкостью, стойкостью к межкристаллитной коррозии и сохранять эти свойства при повышенных температурах.

Достижение необходимого повышения стойкости к межкристаллитной коррозии, износостойкости и радиационной стойкости - является одним из важнейших факторов, учитываемых при изготовлении вала насоса, а также при его ремонте и работе. Исходя из условий эксплуатации, выбрана хромоникелевая сталь аустенитного класса, типа 12X18H10T. Для обеспечения высокой износостойкости и радиационной стойкости назначена следующая обработка для данной детали.

Предварительной термической обработкой является стабилизирующий отжиг, который предназначен для снятия остаточных напряжений и предотвращения коррозионного растрескивания. Проводят данную операцию при температуре  $900^{\circ}\text{C}$ , с выдержкой в течение 2-3 часов и охлаждением в печи со скоростью  $50-100^{\circ}\text{C}/\text{час}$ . Далее, для получения состояния пересыщенного твёрдого раствора, производится закалка в воде с температур  $1050-1100^{\circ}\text{C}$ , с выдержкой в один час. В результате аустенизации (закалки) твёрдость и прочность стали понижается, а пластичность увеличивается. Окончательной операцией, для улучшения механических свойств и повышения стойкости к радиационному воздействию, назначено поверхностное холодное пластическое деформирование.

В результате назначенной термической обработки и ХПД прочность стали составила 1200-1300 МПа. Твёрдость упрочнённого слоя 400НВ, а твёрдость сердцевины вала 200-220НВ.



# УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ КОМПОЗИТІВ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ МЕТОДАМИ

*А.Ф. Будник А.І. Дегула О.А. Будник*

Первинна структура композиційного матеріалу закладається на стадії змішування двох або більше порошкоподібних компонентів. Саме цією стадією визначається рівномірність розподілу наповнювача усередині полімерної матриці і характер взаємодії між наповнювачем і полімером. Оптимальний комплекс властивостей композиційного матеріалу визначається дисперсністю наповнювача, рівномірністю розподілу його в полімерній матриці і характером взаємодії між наповнювачем і полімером. Основним поглиначем вологи в композиційному полімерному матеріалі флубоні-20 є наповнювач – пористе вуглецеве волокно (ВВ). При цьому пори є «воротами» для проникнення вологи і газів в об'єм композиту. Таким чином, понизивши кількість відкритих пор в об'ємі наповнювача, а також забезпечивши технологічними методами найповнішу адгезію наповнювача (ВВ) до матриці політетрафторетилену (ПТФЕ) можна істотно зменшити вологопоглинання флубона-20.

Досягти необхідних результатів видається можливим здійснивши попереднє змішання наповнювача з матрицею в певному об'ємному співвідношенні, а потім одержану суміш перемішувати з частиною рецептурної кількості порошку ПТФЕ, що залишилася.

При існуючій технології отримання полімерного композитного матеріалу флубон відбувається механічне змішення всього об'єму ПТФЕ (матриці) з наповнювачем (ВВ) і при цьому не відбувається повного «обволікання» наповнювача матрицею, тобто частина шпарин наповнювача залишається відкритою. В результаті цього знижується ефективність армування композиту в цілому, а також створення адгезійної плівки полімерної матриці на поверхні волокнистого наповнювача.

Змішення волокнистого наповнювача з порошком ПТФЕ (матриці) в обґрунтованих співвідношеннях дозволяє створити відносно рівномірну плівку порошку наповнювача на волокні, що закриває практично всі наявні дефекти у вигляді пор – сорбентів вологи і магістралей просування газів. При цьому слід зазначити, що співвідношення об'єму наповнювача і матриці менше певної межі не забезпечує контакту частинок наповнювача з частинками матриці (ПТФЕ) (спостерігаються згустки наповнювача в об'ємі суміші композиції). Співвідношення об'єму наповнювача і матриці (ПТФЕ) більше певної межі не дозволяє наповнювачу рівномірно розподілитися в об'ємі матриці.

Аналітичні передумови підтверджено численними експериментами.



# ЗАВИСИМОСТЬ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА ФЛУБОН ОТ ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ

*А.Ф. Будник, А.В. Клочко*

Антифрикционный материал флубон – современный полимерный композиционный материал на основе политетрафторэтилена, сополимера этилена и тетрафторэтилена и других фторсодержащих полимеров, полиуретанов, поливинилхлорида, поливинилацетата, поливинилацетали и основного наполнителя – углеродного волокна.

Смешение - один из важнейших методов приготовления такого рода полимерных смесей, служащий для получения композиции из основного полимера и различных ингредиентов обеспечивающих необходимые свойства материала и изделий из него.

В процессе развития техники переработки пластмасс созданы универсальные смесители, применяемые для различных процессов смешения при соответствующем теоретическом обосновании.

В соответствии с технологическим процессом получения композиции флубон, углеродное волокно УТМ-8 и фторопласт-4 подвергаются дисперсионному смешению с целью получения требуемой насыпной плотности (предварительный параметр оптимизации) композиции, которая должна соответствовать длине волокон в измельченном волокне и композициях  $l \sim 40-160$  мкм.

В ходе проведённых исследований установлено, что влияние на интенсификацию процесса дисперсионного смешения оказывают: частота вращения ротора, производительность и количество циклов дисперсионного смешения. Поставлены эксперименты и отработаны технологические схемы сухого способа получения композиции путём измельчения углеродистого волокна материала, смешивания углеродных волокон с порошком ПТФЭ и изготовления заготовок из композиции методом порошковой металлургии.

Исследование эмпирических числовых распределений по длинам углеродного волокна показало, что при использовании последовательного измельчения композиций эти распределения осредняются (с проверкой по критериям Хи-квадрат и Романовского) теоретическими законами Вейбулла и гаммараспределения, что в отличие от нормального распределения отвечает условиям плотноупакованного структурного каркаса полимерного композита.

Полученная математическая модель процесса дисперсионного смешения показывает, что для увеличения параметра оптимизации (насыпной плотности) необходимо увеличить частоту вращения ротора и количество циклов и снизить производительность измельчителя, что приведёт к улучшению эксплуатационных свойств флубона.



# ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ НА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

*А. Ф. Будник, П. В. Руденко, О. А. Будник*

Современный рынок композитных полимеров требует материалов как с более высокими, так и с низкими эксплуатационными свойствами, в зависимости от условий и времени эксплуатации, а также снижения цены изделий.

В связи с этим возникает необходимость в создании комплексной математической модели всего цикла производства композитного материала, что дает возможность, зная требуемые эксплуатационные свойства необходимого композита, наиболее экономически выгодно выстраивать весь технологический процесс его получения.

В процессе создания математической модели необходимо учитывать совокупность большого числа факторов, влияющих на качество композита:

- 1) технологический процесс получения;
- 2) подбор оборудования;
- 3) физические и химические процессы, протекающие при производстве полимера;
- 4) подбор наполнителя и гибридизация наполнителя;
- 5) разнообразие возможных требований к продукции.

Основной задачей является нахождение зависимости между перечисленными выше факторами в технологической линии производства и свойствами получаемого композита. Методы предварительной подготовки используются для улучшения технологических свойств перерабатываемой композиции. Среди подготовительных методов доминирующим является смешение.

Смешение – один из важнейших методов приготовления полимерных композиций, служащий для получения смеси из основного полимера и различных ингредиентов и существенно улучшающий свойства материала и изделий из него. Ввиду того, что ингредиенты вводятся в основной полимер в агломерированном виде, процесс получения смеси (т.е. процесс смешения) сопровождается одновременным диспергированием, т.е. измельчением ингредиентов. На практике процесс смешения полимерных материалов проводится за счет силового воздействия на систему.

На процессы смешения главным образом оказывают влияние три фактора:

- 1) конструкция смесителя;
- 2) тип, состояние и концентрация компонентов смеси;
- 3) технологические режимы процесса смешения.

Технология приготовления смеси определяется в первую очередь составом смеси и состоянием компонентов. Для приготовления смеси необходимо выбрать наиболее подходящий вариант технологии, что возможно при анализе созданной математической модели.



# ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ВТУЛКИ, ИЗГОТОВЛЕННОЙ ИЗ ПОРОШКОВОГО МАТЕРИАЛА

*В.И.Сизова, О.П.Гапонова*

Исследованию подвергались втулки - элементы уплотнения с плавающими кольцами газоперекачивающего агрегата ГПА Ц 16. Втулка работает при 5-8 тыс. об/мин. и подвергается интенсивному износу в условиях турбинного масла.

Целью работы является выявление перспективных методов термической и химико-термической обработки, которыми можно повысить износостойкость поверхности втулки.

Втулка изготовлена из порошкового материала, в состав которого входит 1% графита, остальное - железо.

Проведен спектральный анализ по определению химического состава материала изделия. Его результаты в таблице 1 (содержание элементов в %).

Таблица 1

C	S	Si	P	Mn	Cr	Ni	Cu	Mo
0,03	0,018	0,15	0,032	0,11	0,18	0,12	0,34	0,02

Основными операциями изготовления порошковых изделий являются: подготовка порошков, смешивание, прессование, спекание, термическая и химико-термическая обработка.

Изделия после спекания обладают низкими прочностными свойствами. На их значения особенно влияет значение пористости.

Были испытаны образцы указанного химического состава после спекания на ударный изгиб, радиальное сжатие и на прочность при изгибе; измерена твердость. В таблице 2 экспериментальные данные.

Таблица 2

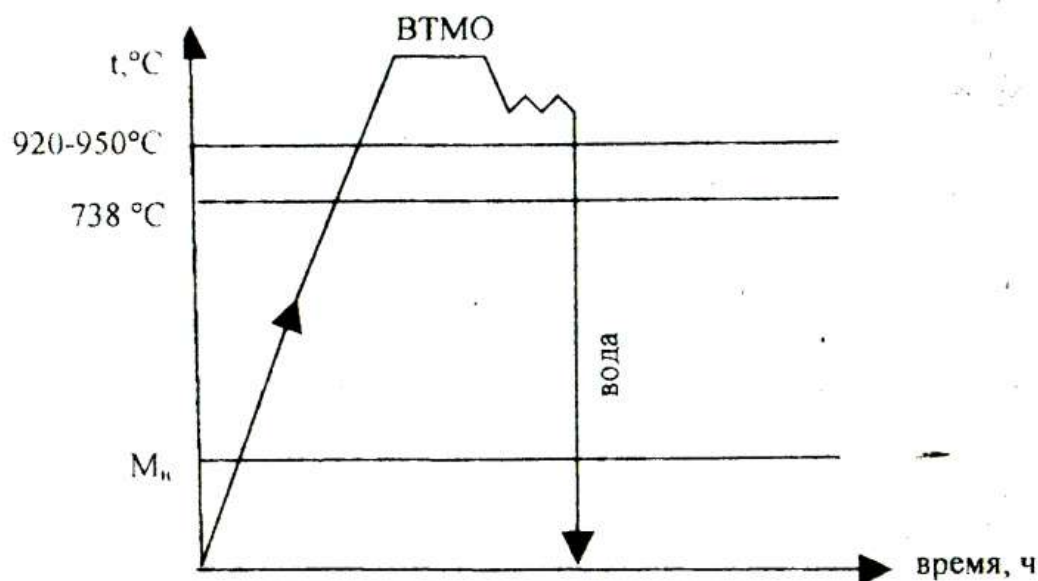
Пористость, %	Ударная вязкость, КСУ, кГс/см <sup>2</sup>	Предел прочности при радиальном сжатии, $\sigma_{рс}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Твердость, НВ
10	0,75	-	70
20	0,30	41,6	56
30	0,25	28,2	43

Для повышения прочностных свойств применяют термическую и химико-термическую обработку.



Механизм и кинетические особенности термической обработки и термодиффузионного насыщения порошковых стальных изделий отличаются от кованных. Это связано с наличием пор, а, следовательно, повышенной активной поверхностью и структурной неоднородностью.

Для упрочнения изделий можно применить высокотемпературную термомеханическую обработку по следующему режиму:



— При обработке образцы нагревались до температуры 920-950°C и подвергались тройной прокатке. Степень деформации была в пределах 40-50%. После VTMO проводилась закалка в воде.

Наиболее прогрессивными методами упрочнения порошковых изделий являются методы химико-термической обработки.

Обладая большой активной поверхностью, пористые порошковые изделия при нагревании склонны к окислению, поэтому при их обработке следует применять защитные атмосферы.

Для повышения износостойкости втулки можно применить насыщение ее поверхности углеродом. Цементацию проводить в твердом карбюризаторе (древесно-угольный порошок + 3-4%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) при температуре 900-950°C в течение 8 часов.

Хотя насыщение происходит в твердом карбюризаторе, за счет образовавшейся при высоких температурах газовой активной атмосферы оно происходит через газовую фазу, что приводит к насыщению пористых изделий как через поверхность изделий, так и через поверхность пор, увеличивая тем самым глубину насыщенного слоя.

Оптимальные сочетания механических свойств (высокой прочности и твердости на поверхности при относительно высокой ударной вязкости сердцевины) могут быть получены после термической обработки: закалка при температуре 900-950°C в защитной атмосфере и отпуск при 200-250°C.



# ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ МУФТ ГПА-Ц16 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

*В.А.Пчелинцев, О.А.Будник*

Ресурс работы многих ответственных узлов машин ограничивается преждевременным износом или разрушением контактирующих деталей в результате развития повреждения поверхности, получившего название фреттинг-коррозия.

При фреттинг-коррозии значительно ухудшается качество поверхностей деталей, а это может привести к тому, что детали теряют конструктивные размеры и допуски, а также к существенному снижению усталостной прочности деталей. Поэтому глубокое изучение причины возникновения фреттинг-коррозии и изыскание эффективных мер борьбы с ней обрело большое народнохозяйственное значение для современного машиностроения.

При проведении исследований применяли металлоструктурный, рентгеноструктурный анализы, а также изучали микрогеометрию поверхности и микротвердость поверхностных слоев. Микроструктуру, формирующуюся в процессе развития фреттинг-коррозии, исследовали с помощью микроскопа «Неофот-2». Для исследования искажений кристаллической решетки, вызванных пластической деформацией, и для установления природы продуктов фреттинг-коррозии проводили структурный и фазовый рентгеновский анализ на дифрактометре УТС-50ИМ в медном  $K_{\alpha}$  излучении.

Микрогеометрию поверхности изучали с помощью профилометра-профилографа типа «Калибр-ВЭИ».

Опыт изучения фреттинг-коррозии показал, что существенного уменьшения последствий фреттинг-коррозии можно достигнуть технологическими методами. Актуальной задачей является изыскание таких процессов теплового воздействия на материал и чистовой обработки деталей, которые бы сочетали возможность получения шероховатости с регулярным микрорельефом поверхности и одновременным упрочнением поверхностного слоя. Эта задача может быть успешно решена на базе достижений в области современных методов обработки, используя комплексную обработку материала изделия, которая включает методы ТМО и окончательной чистовой обработки поверхности.

Проведены исследования влияния методов формирования структуры и чистовой обработки на повышение работоспособности упругих элементов муфт ГПА-Ц16, подверженных фреттинг-коррозии. Решение поставленной задачи позволит существенно повысить надежность и долговечность деталей и агрегатов газовой и нефтехимической промышленности, подверженных фреттинг-износу в процессе эксплуатации.



# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВАЛ-ШЕСТЕРНИ РЕДУКТОРА ИЗ СТАЛИ 20ХНЗА И 36Х2Н2МФА

*В.А.Пчелинцев, Л.В.Горбань*

Вал-шестерня является ответственной деталью в редукторе и предназначена для передачи крутящего момента на передний ведущий мост транспортного средства. В зависимости от условий эксплуатации вал-шестерни изготавливают из таких сталей, как сталь 45, 20Х, 12ХНЗА, 18ХГТ, 20ХНЗА, 18Х2Н4ВА, 25Х2Г2НТРА и др. Наиболее нагруженной частью вал-шестерни являются зубья, поверхность которых должна обладать высокой твердостью, износостойкостью, высоким сопротивлением контактными циклическим напряжениям и высокой точностью формы и размеров.

Работоспособность вал-шестерни во многом будет определяться стойкостью к изнашиванию и заеданию, а также сопротивлением, как статическим, так и динамическим нагрузкам. Для получения требуемых свойств на готовом изделии необходимо применять прогрессивные методы обработки изделий: закалка ТВЧ, химико-термическая обработка и др.

Были проведены исследования структуры и свойств упрочненных вал-шестерен, изготовленных из стали 20ХНЗА и 36Х2В2МФА, которые были подвергнуты различной химико-термической обработке. На стали 20ХНЗА была проведена цементация, а для стали 36Х2В2МФА – азотирование.

Марка стали	Место замера твердости	Значение твердости по Виккерсу при нагрузке 300Н	Глубина слоя, мм
20ХНЗА	зубья	710 - 740	0,8 - 1,2
36Х2В2МФА	зубья	680-710	0,1 - 0,2

Глубина упрочненного слоя на изделии при ХТО существенно зависит от времени выдержки. В соответствии с техническими требованиями на элементы конической пары редуктора твердость рабочих поверхностей должна соответствовать  $HV \geq 600$ . При упрочнении азотированием такая величина твердости обеспечивается на глубину 100-200 мкм от поверхности, а далее она резко снижается. В то же время в зоне зацепления зубчатых пар области высоких напряжений расположены на расстоянии до 0,9-1,0 мм от поверхности в зависимости от величины контактного давления. Этими факторами обуславливается сравнительно низкая контактно-усталостная прочность азотированных деталей в условиях трения качения и больших удельных давлений, что проявляется в быстром разрушении зубьев вследствие питтинга, сколов и поломок.

У цементруемой вал-шестерни твердость распределяется равномерно по глубине слоя и не наблюдается ее резкого снижения. Таким образом, для тяжело нагруженных шестерен целесообразно использовать цементацию.



# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУР НАГРЕВА ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ШЕСТЕРНИ С ВНУТРЕННИМ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ, РАБОТАЮЩЕЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

*В.И. Сигова, Н.А. Курило, Ю.В. Титаренко*

Зубчатые передачи используют для изменения скорости или направления движения ведомого звена при соответствующем изменении вращающего момента, получения точных перемещений.

Вследствие работы в условиях Севера, шестерни должны обладать высокой твердостью, прочностью, хладноломкостью при достаточно высокой вязкости, а выбранный материал для их изготовления должен обладать небольшими перепадами вязкости при понижении температуры.

Целью нашей работы является выявление перспективных методов термической и химико-термической обработки, с помощью которых можно повысить поверхностную твердость и сохранить при этом вязкую сердцевину для испытания знакопеременных нагрузок при динамическом нагружении.

Результатом проведенной работы является исследование температур нагрева на изменение механических свойств при выборе термической или химико-термической обработки. Для изготовления шестерни были подобраны три марки стали, ударная вязкость которых удовлетворяет условиям работы. После проведения закалки и химико-термической обработки этих материалов механические свойства были следующие.

Для стали 40ХНМА после проведения отжига (820-840°C); закалки (840-860°C); отпуска (550-600°C); закалки ТВЧ (950-970°C); отпуска (180-200°C) –  $\sigma_{\text{в}}=1460$  МПа;  $\sigma_{0,2}=1370$  МПа; КСЧ (+20°C)=103 МПа; КСЧ (+60°C)=85 МПа. Твердость поверхности НRC 48-54; сердцевины НВ 275-295.

Для стали 12ХН3А после отжига (880-900°C); закалки (840-860°C); отпуска (550-600°C); цементации (920-950°C); закалки (800-820°C); отпуска (180-200°C)  $\sigma_{\text{в}}=1280$  МПа;  $\sigma_{0,2}=1030$  МПа; КСЧ (+20°C)=127 МПа; КСЧ (+60°C)=103 МПа. Твердость поверхности НRC 59-64; сердцевины НВ 290-300.

Для стали 38Х2МЮА после отжига (930-950°C); закалки (930-950°C); отпуск (600-640°C); азотирование (520-540°C) -  $\sigma_{\text{в}}=1480$  МПа;  $\sigma_{0,2}=1315$  МПа; КСЧ (+20°C)=100 МПа; КСЧ (+60°C)=80 МПа. Твердость поверхности Нц 850-1018; сердцевины НВ 260-300.

Выводы: Из всех выше перечисленных режимов термической и химико-термической обработки наиболее оптимальные результаты использования дает химико-термическая обработка для стали 38Х2МЮА, получаемые механические свойства являются наиболее благоприятными в данных условиях работы.



# СПОСОБ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ЦЕМЕНТАЦИИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

*В.А. Пчелинцев, О.В. Дьяченко*

Обеспечение надежности работы машин и оборудования способствует не только повышению эффективности производства, но и конкурентоспособности машиностроительной продукции.

В работе исследовали возможность сокращения цикла химико-термической обработки путем комбинированной обработки для низкоуглеродистых сталей, которые используются для изготовления. Коленчатый вал работает в условиях переменных нагрузок.

И одним из методов повышения надежности работы и износостойкости изделий из низкоуглеродистых и малолегированных сталей является химико-термическая обработка в частности цементация, которая позволяет увеличивать твердость при сохранении вязкой сердцевины.

Для интенсификации процесса насыщения поверхностного слоя в настоящее время используются различные методы, в частности предварительная термомеханическая обработка (ПТМО) при температуре 20°C или выше.

В данной работе провели исследования влияния холодной пластической деформации с различной степенью предварительной пластической деформации на изменения глубины диффузионного слоя в стали 20. Для анализа изменения структуры и свойств используются методы: металлографический, рентгеноструктурный анализ, измерение микротвердости.

Исследования показали, что изменения, происходящие в структуре металла в результате предварительной деформации, остаются постоянными и при длительных выдержках во время последующих нагревов.

Предварительную термомеханическую обработку осуществляли на отожженных образцах, стали 20, методом обкатки поверхности шариком. После пластической деформации образцы различных партий подвергаем цементации.

Цементация осуществлялась в печи при температуре 930°C в течении 8 часов. Охладили на воздухе. Закалку провели при температуре 780°C, охлаждающей средой является вода.

Глубину цементованного слоя ( $L_{эф}$ ) определяем по изменению микротвердости на закаленных образцах, в зависимости от степени предварительной пластической деформации. На рисунке 1 приведена одна из кривых зависимости твердости от глубины цементованного слоя.



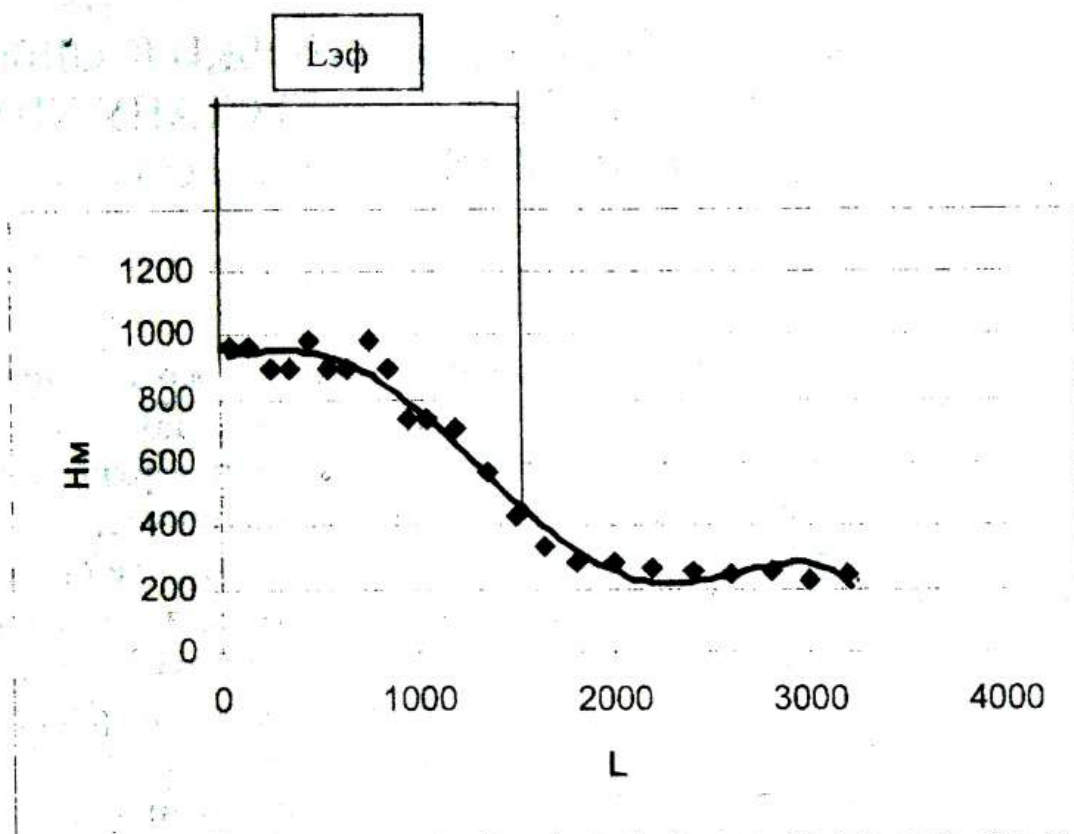


Рисунок 1- Зависимость твердости от глубины цементованного слоя.

Установлено, что с увеличением степени предварительной холодной пластической деформации наблюдается увеличение глубины диффузионного слоя и концентрации углерода. В таблице 1 приведено влияние предварительной термомеханической обработки на глубину цементованного слоя.

Таблица 1 - Влияние ПТМО на глубину цементованного слоя.

$\Sigma \varepsilon\%$	0	5	10	15	20
L	1.06	1.08	1.22	1.25	1.3

Таким образом, в результате проведения исследования установили возможность использования предварительной холодной пластической деформации для регулирования насыщения поверхностного слоя углеродом при цементации.



# РОЗРОБКА ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ КАЛІБРА ХИТКО-РОЛИКОВОЇ КЛІТІ СТАНУ ХВТ ВИГОТОВЛЕНИЙ ІЗ СТАЛІ 60С2А

*Л.Ф.Руденко, О.В.Жук*

Служать такі калібри для отримання труби з високою якістю поверхні і точності розмірів. В зоні деформації металу унаслідок його переміщення формуються сили тертя, які і обусловлюють знос поверхні облямовування і калібру. Контактні напруги і сили тертя діють періодично, що приводить до циклічності навантаження, відповідне числу оборотів валів, і вимагає від матеріалу валів високого рівня опору утомленості. Для забезпечення високої точності розмірів холоднотянутої труби і якості поверхні сам калібр повинен бути зносостійким і мати таку товщину металу високої твердості на поверхні, яка б не руйнувалася під дією високого контактного тиску, але і дозволяла б виконувати додаткове шліфування для відновлення розмірів і якості поверхні. Серцевина валів повинна бути достатньо в'язкої - це запобігає руйнуванню валів, особливо при порушенні режиму роботи стану ХПТ.

Так марка сталі 60С2А з поверхневим насиченням кремнію - силіціювання та подальшим зміцненням об'ємною закалкою відповідає цим вимогам.

Для силіціювання застосовувати висококрем'янистий ферросиліцій марок Си75 і Си90. Зразки засипалися 60%-вим ферросилицием, через піч пропускався хлор. При силіціюванні слідує завжди побоюватися роз'їдання поверхні сталі надлишком хлора. Добрі результати виходять лише при концентрації хлора 1-2 мл на 1 см<sup>2</sup> оброблюваній поверхні. При більшій концентрації хлора спостерігається руйнування поверхні деталей. Силіціювання супроводжується помітною зміною ваги і розмірів сталевих зразків. Використання ферросиліцію веде до збільшення ваги та розмірів деталі.

У поверхневій зоні силіційованого шару міститься до 13-15 % Si, при цьому концентрація кремнію по глибині шару спочатку змінюється мало, а потім різко знижується. Вуглець гальмує дифузю кремнію у сталь, у результаті чого концентрація кремнію в силіційованім шарі і твердість шару збільшується.

Як було показано в дослідженнях Я. П. Альошина при випробуваннях на машині Амслера силіційована сталь показує більш високу зносостійкість, ніж цементована, добре опирається проти стиранню. Також може працювати при підвищених температурах.



# ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ И ИХ ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ

*В.И.Сизова, Н.А.Курило*

Доля стальных инструментов для обработки резанием в Украине и СНГ составляет примерно 70-75% от общего количества инструментальных материалов; в США и Германии ~50%, в Японии 30% - остальное твердые сплавы, режущая керамика и сверхтвердые материалы.

Наряду с режущими, имеется большая группа инструментальной оснастки: штампов, пресс-форм, литейных форм, мерительных ударных инструментов, фильтров волочильных станков и прессового инструмента, где используются 80-95% сталей. Потребность в сталях для указанного инструмента в 5-6 раз выше быстрорежущих.

Структура производства и потребления инструментальных материалов в развитых странах прогнозируется таковой:

а) для лезвийных режущих инструментов 35-50% - быстрорежущие стали; 40-50% - твердые сплавы вольфрамокобальтовые и 15-20% безвольфрамовые, керамика и сверхтвердые материалы;

б) для штампов холодное и горячего деформирования, различной оснастки общемашиностроительного назначения: 80-85% - инструментальные стали, 15-20% - твердые сплавы, преимущественно безвольфрамовые и керамика.

Одновременно будет интенсивно применяться различного типа упрочняющие покрытия на стальные, твердосплавные и керамические инструменты, а именно диффузионное хромирование, борирование, титанирование и др., а также комплексные покрытия, обеспечивающие и повышающие эксплуатационные свойства инструментов в 5-10 раз, такие как Cr-Al, Cr-Si, B-Al, B-Ti, B-Si и др. в зависимости от назначения инструмента.

За последние два десятилетия активно разрабатываются технологии трехкомпонентных диффузионных покрытий B-Cr-Al.

В связи с вышеизложенным нами проведены экспериментально-исследовательские работы по борированию безвольфрамовых твердых сплавов КНТ-20 и КНТ-16 в порошковых смесях карбида бора плюс 2% хлористого аммония.

Температура процесса борирования  $950 \pm 10^\circ\text{C}$ , выдержка при этой температуре 1-2 часа.

В результате насыщения на поверхности твердых сплавов образовался диффузионный слой из боридов в никеле высокой твердости до  $H_\mu \sim 2000$ , толщиной ~20 мкм. Под боридами слой нитрида титана, где наблюдается небольшое снижение микротвердости до  $H_\mu 1600$ . Далее располагается легированная бором связка никель-молибден  $H_\mu \sim 900$ . На глубине более 80-120 мкм состав твердого сплава не претерпел структурных и фазовых изменений.



# ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА МЕТОДОМ КИБ

*В.И.Сигова, Н.А. Курило*

Режущий инструмент, применяемый при работе на металлорежущих станках, работает в условиях высоких контактных напряжений (700-4000 МПа). В процессе резания в рабочей зоне развивается высокая температура (200-1000 °С) с протеканием физико-химических процессов. В результате, контактные поверхности инструмента интенсивно изнашиваются в условиях абразивного влияния инструментального материала, адгезионно-усталостных и коррозионно-окислительных и диффузионных процессов, тем самым, приходя в негодность для использования.

Нанесение на материал режущего инструмента (стали, твердые сплавы) монослойных, многослойных и композиционных покрытий карбидов, нитридов, карбонитридов, боридов, окислов и их смесей переходных металлов IV-VI группы периодической системы элементов (Ti, Zr, Hf, Db, V, Nb, Ta, JI, Cr, Mo, W, Rf), позволяет удовлетворить следующим требованиям к режущему инструменту:

- 1) высокую твердость и сохранение ее при высоких температурах.
- 2) инертность к адгезии с обрабатываемым материалом во всем диапазоне рабочих температур.
- 3) устойчивость против высокотемпературной коррозии и окисления.
- 4) стабильность механических свойств при температуре не ниже температур теплостойкости инструментального материала; инертность к растворению в обрабатываемом материале при высоких температурах.
- 5) Сопrotивляемость разрушению при значительных колебаниях температур и напряжений.

Анализируя результаты ранее выполненных работ, можно сделать вывод о том, что весьма перспективным является использование твердосплавных пластин с титаносодержащими покрытиями, которые обладают высокими физико-механическими и химическими свойствами и являются оптимальными для использования в качестве износостойких покрытий на твердых сплавах.

Нами была проведена работа, заключающаяся в нанесении покрытий на твердосплавные пластины ВК6 методом PVD на установке "Булат-3Т" с использованием титановых электродов путем пропускания паров азота через камеру установки. Пластины твердого сплава нагревались примерно до температуры 800°С. Давление в установке соответствовало  $1,3 \cdot 10^{-2}$  Па. Процесс проводился в течение 110 мин. На поверхности твердосплавных пластин получили покрытие желто-бронзового цвета,  $H_v$  27,4 ГПа.



# ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА КОЛЕСА РАБОЧЕГО ПИТАТЕЛЬНОГО ТУРБОНАСОСА ТИПА ПТН-1150-340

*В.И.Сигова, Т.А.Жовба*

Колесо рабочее является основным рабочим органом центробежного питательного турбопоса, обеспечивающего подачу и напор горячей, чистой, питательной воды в паровые котлы тепловых электростанций. Рабочие колеса подвергаются воздействию больших динамических нагрузок от давления жидкости на лопатки, от центробежных сил и вибраций при наличии неуравновешенных сил. Также рабочие колеса подвержены интенсивному износу под действием трения, эрозии, кавитационного разрушения и других факторов. В первую очередь изнашиваются лопатки рабочих колес, щелевые уплотнения, посадочные поверхности под вал.

Технические требования на готовое изделие:

1. Сочетание высокой твердости поверхности с вязкой сердцевиной.
2. Высокая прочность, коррозионная стойкость, жаропрочность материала.
3. Хорошие технологические свойства.

Заготовка рабочего колеса изготавливается литьем по выплавляемым моделям. С помощью ручной дуговой сварки к колесу привариваются импеллерные ребра.

Исходя из технических требований и метода формообразования заготовки, выбрали сталь 20Х13Л. Для устранения дендритной и внутрикристаллитной ликвации отливки подвергали диффузионному отжигу при 950-1000 °С. Для уменьшения остаточных напряжений в изделии после сварки применяют низкий отжиг при температуре 650-700 °С. После закалки при температуре 1000-1020 °С с охлаждением в масле получали структуру мартенсит закалки. После отпуска при 720-750 °С с охлаждением на воздухе получили структуру троосто-сорбит (HRC 35-40).

Для повышения износостойкости образцы из указанной стали подвергали бездеформационному процессу ХТО - азотирование. Насыщение азотом проводим при температуре 580 °С в течение 30-35 часов в атмосфере диссоциированного аммиака при степени диссоциации 47-55 %. При этом толщина азотированного слоя составила 0,22-0,33 мм, с микротвердостью 750 HV. Рентгеноструктурный анализ образцов непосредственно с поверхности покрытия показал, что покрытие состоит из Fe<sub>2</sub>N и Fe<sub>4</sub>N, что соответствует фазовому составу диаграммы Fe-N.

В результате проведения термической обработки наблюдается повышение стойкости против кавитационного износа в 2-3 раза, твердости поверхностного слоя, коррозионной стойкости, а, следовательно и надежности изделия.



# ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ШТОКА-ПОРШНЯ

*В.А.Пчелинцев, О.Трояновская*

Данный шток-поршень является составной частью компрессора 4ГМ2,5-1,2/10-250. Установка компрессорная 4ГМ2,5-1,2/10-250 предназначена для сжатия природного газа от давления 0,4-1,2 МПа. Сжатый природный газ используется в качестве моторного топлива для заправки автомобилей.

Шток-поршень должен быть прочным, чтобы противостоять давлению газов, иметь минимальную массу для данной конструкции для уменьшения инерционных сил, возникающих при работе компрессора. Чтобы силы инерции возвратно-поступательно движущихся частей были уравновешены, массы поршней в противоположно расположенных рядах должны быть одинаковыми. Поэтому поршни ступеней среднего и высокого давления часто делают сплошными. Кроме того, при малых диаметрах поршни иногда специально удлинляют.

Поверхности штока-поршня, работающие на истирание, должны быть упрочнены. Чаще всего рекомендуются азотируемые стали с поверхностным упрочнением на глубину 0,25-0,35 мм до твердости  $H_{\mu}$  1000-1200.

Для изготовления штока-поршня данного компрессора нами была выбрана сталь 38Х2МЮА-Ш. Сталь 38Х2МЮА-Ш после азотирования обладает высокой твердостью, износостойкостью и сопротивлением газовой коррозии. Особенность состоит в том, что входящий в нее хром, алюминий и молибден образуют при азотировании стойкие, с высокой твердостью нитриды ( $Cr_2N$ ,  $AlN$ ,  $Mo_2N$ ) и карбонитриды, с поверхности  $\epsilon$ -фаза, содержащая до 11% азота. Заготовкой штока-поршня может быть прокат с последующей ковкой.

Разработан технологический процесс упрочнения штока-поршня, который предусматривает первоначально операцию послековки отжиг, который проводится при  $860-880^{\circ}C$  с выдержкой 1-1,5 часа. Далее проводится термоулучшение: закалка при  $930-950^{\circ}C$  и высокий отпуск  $600-620^{\circ}C$  после окончательной механической обработки предусмотрен стабилизирующий отпуск с выдержкой при температуре  $540-560^{\circ}C$  2,5-3,0 часа.

Азотирование является конечным процессом после всего цикла термической обработки; после азотирования возможно только полирование. Твердость сердцевины готовой детали HRC 28-32, микроструктура – сорбит; твердость поверхности  $H_{\mu}$  1200. Микроструктура по глубине азотированного слоя состоит из следующих фаз  $\epsilon \rightarrow \epsilon + \gamma' \rightarrow \gamma' \rightarrow \gamma' + \alpha \rightarrow \alpha$  согласно диаграммы Fe-N.



# ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВАЛА-ШЕСТЕРНИ РЕДУКТОРА ТИПА Ц2-750-31,5-31У2

*В.Н.Раб, Е.А.Авраменко*

Вал-шестерня служит для передачи крутящего момента вдоль своей оси и для поддержания вращающихся деталей машин редуктора, а именно зубчатых колес и др. Вал-шестерня находится под действием знакопеременных, контактных нагрузок и сил трения. Деталь работает в неагрессивных средах.

Контактные напряжения и сила трения являются причиной повреждения рабочих поверхностей зубьев: усталостного выкрашивания (питтинга), изнашивания и заедания. Напряжения изгиба являются причиной усталостного разрушения (поломки) зубьев.

Технические требования на свойства готовой детали: высокая твердость и износостойкость поверхностного слоя. Толщина поверхностного упрочненного слоя – 0,8-1,2 мм; поверхностная твердость HRC 59-62; должна быть вязкая сердцевина для того, чтобы воспринимать (гасить) знакопеременные напряжения, которые воздействуют на деталь в процессе эксплуатации (твердость сердцевины HRC 28-32). Необходимы высокие значения предела прочности и повышенная контактная выносливость; хорошая обрабатываемость резанием.

Исходя из условий эксплуатации и технических требований для изготовления вал-шестерни нами выбрана марка стали 30ХГС. Сталь наследственно мелкозернистая. Разработанная технология упрочнения вал-шестерни предусматривает предварительную термическую обработку - термоулучшение, закалку 840-860<sup>0</sup>С с охлаждением в масле и высокий отпуск 550-600<sup>0</sup>С с охлаждением на воздухе.

Окончательная термическая обработка: цементация при температуре 900-920<sup>0</sup>С и закалка с цементационного нагрева после подстуживания до 750-800<sup>0</sup>С, далее низкий отпуск при температуре 160-180<sup>0</sup>С с охлаждением на воздухе.

Структура окончательно обработанного цементированного изделия с поверхности представляет собой мелкоигльчатый мартенсит отпуска с включениями карбидов и небольшим количеством остаточного аустенита. Эвтектоидный подслои имеет структуру отпущенного мартенсита, а структура сердцевины – сорбит. Твердость поверхности составляет твердость HRC 58-62, а сердцевины - твердость HRC 28-32.

Так как сталь 30ХГС -- наследственно мелкозернистая закалка с цементационного нагрева не предполагает роста зерна при цементации. Выбрана сталь не дорога и экономно легирована.



# ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛИ ШТОК-КОМПРЕССОРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПО ПЕРЕКАЧКЕ ЭТИЛЕНА

*Л. Ф. Руденко, Ж. Малышко*

Шток служит для соединения поршня с крейцкопфом. При работе компрессора шток подвержен действию переменной нагрузки и сил трения, в связи с этим шток при конструировании рассчитывается на выносливость. Деталь работает в неагрессивных средах.

Контактные напряжения и сила трения является причиной появления местных дефектов на поверхности штока, изнашивания, заедания. В местах перехода от бурта к телу штока могут возникать усталостные трещины. На поверхности штока в процессе работы могут появиться задиры и риски.

Технические требования на свойства готовой детали: поверхностная твердость 45-48 HRC; вязкая и мягкая сердцевина, чтобы воспринимать знакопеременные напряжения, которые действуют на деталь. Твердость сердцевины 28-32 HRC. Требуются высокие значения предела прочности и повышенная контактная выносливость.

Способ получения заготовки – ковка.

Исходя из условий эксплуатации и технических требований нами для изготовления штока выбрана марка стали 40ХН2МА.

Предварительная термическая обработка термоулучшение: закалка с 840-860<sup>0</sup>С с охлаждением в масле и высокий отпуск 580-620<sup>0</sup>С с охлаждением на воздухе. Термоулучшением мы готовим микроструктуру сердцевины, улучшаем обрабатываемость стали резанием.

После окончательной механической обработки шток подвергают последующей термообработке – индукционной закалке непрерывно-последовательным способом. Температура нагрева до 950-1000<sup>0</sup>С и охлаждением в воде, затем низкий отпуск 220-260<sup>0</sup>С.

Структура окончательно обработанного изделия с поверхности – мелкоигльчатый мартенсит отпуска с включениями мелкодисперсных карбидов. Структура сердцевины – сорбит. Твердость 45-48 HRC, сердцевины 28-42 HRC.

Сталь 40ХН2МА – наследственно мелкозернистая; материал дешевый и экономно легированный. Для упрочнения этой стали рационально использовать наиболее отработанный режим термической обработки, а именно закалку с нагрева ТВЧ, которая получила широкое распространение в производственной практике как наиболее прогрессивный экономически выгодный высокопроизводительный процесс термообработки.



# ЗАСТОСУВАННЯ ГАРТУВАННЯ СВЧ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛІ – ВАЛУ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСУ ТИПУ ЕПЗ

*Л.Ф.Руденко., Л.В.Носонова.*

Вал – відповідальна деталь насосу, що передає обертання від ротора до робочого колеса, що забезпечує працездатність всього насосу.

Вал насосу типу ЕПЗ працює в слабо агресивному середовищі з абразивним і кавітаційним зношуванням в умовах циклічних навантажень. Це найточніша деталь насосу, що виготовляється з квалітетами ІТ 6, ІТ 7.

Вихід зі строю деталі в процесі його експлуатації може бути зумовлений наступними причинами: втома матеріалу, корозійне і кавітаційне руйнування, зношування поверхонь тертя деталей.

Технічні вимоги для валу повинні сприяти підвищенню надійності його роботи в процесі експлуатації: твердість серцевини 288-302 НВ. Посадочним шийкам під підшипники необхідно провести гартування СВЧ на глибину  $\geq 2$  мм до твердості HRC 38-45, надрізи, риски, гострі переходи на поверхні валу не допускаються.

Для виготовлення вала нами вибрана сталь 20X13, так, як механічні властивості та дана сталь має достатньо високі експлуатаційні характеристики майже не поступаються характеристикам сталі 14X17H2, яка рекомендована кресленням, але значно дешевше. Сталь 20X13 - корозійностійка, мартенситного класу, відповідає умовам експлуатації валу.

В якості термічної обробки виробу запропоновано провести гартування СВЧ з попереднім термічним поліпшенням. Поліпшення проводиться при температурі 1000-1050°C з охолодженням у маслі і високим відпуском при температурі 680-770°C. Після цього заготовка валу матиме твердість НВ 285-322, мікроструктура – сорбіт відпуску. Після чистової механічної обробки вал загартовують СВЧ від 1100-1150°C з використанням індуктора – спреєра. Низький відпуск 180-200°C знімає гартівне напруження. Після цього вал матиме твердість поверхні HRC 38-45, серцевини HRC 28-32. Структура поверхні - мартенсит, серцевини - сорбіт. Таке поєднання твердості забезпечує експлуатаційні властивості валу.

Таким чином, застосування нової технології, що передбачає гартування СВЧ і заміну матеріалу деталі зі сталі 14X17H2 на сталь 20X13 дозволяє отримати виріб, що не поступається по техніко – експлуатаційним характеристикам деталі, яка виготовляється по стандартній технології, але має меншу собівартість, що дозволяє підвищити конкурентоздатність нашої металопродукції на вітчизняному і закордонних ринках.



# АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕНЬ В ЦІЙ ГАЛУЗІ

*О.С.Ніконов, О.О.Пляхтур*

Сучасні конкурентні умови вимагають від машинобудівних підприємств зменшення собівартості готових виробів при збереженні їх високої якості. Це можливо досягти за рахунок широкого використання литих виробів замість аналогічних з прокату. Оскільки в цьому випадку підвищується коефіцієнт використання металу, забезпечуються мінімальні припуски, зменшується кількість операцій механічної обробки, суттєво скорочуються час виготовлення виробів та відходи металу в стружку. Проте існуючі недоліки виливків, що виготовляються традиційними методами (транскристалізація, грубозерниста структура, ліквация, пористість та крихкість литого металу) обмежують в ряді випадків використання литих виробів у машинобудуванні.

Отримання високих фізико-механічних властивостей виливків пов'язано з забезпеченням підвищеної легованості твердого розчину, з рівномірністю розподілення зміцнюючих фаз і малою здатністю їх до коагуляції, з забезпеченням високої дисперсності литої структури.

Результати досліджень в галузі ливарного металознавства, свідчать про можливість активного та цілеспрямованого керування процесами кристалізації, структуроутворення і підвищення властивостей литих сталей за рахунок використання зовнішніх диференційованих схем впливу на рідкий метал під час кристалізації та охолодження виливків. Так залежно від умов тверднення розплаву і охолодження виливків може утворюватись лита структура сталі, що суттєво відрізняється розміром зерна, однорідністю, дисперсністю і щільністю дендритної структури, ступенем легованості твердого розчину, розподілом неметалевих включень та ліквациєю легуючих елементів. Такі дослідження дають можливість в ряді випадків відмовитись від виробництва сталі у великих зливках, що передбачає наступну ковку або прокатку, механічну та термічну обробку; і відкривають перспективу отримання фасонних виливків з заданим комплексом властивостей та необхідною чистотою поверхні.

Серед різних процесів формоутворення виливків найбільш прийнятними для створення маловідходних перспективних технологій є методи точного кокільного лиття. Завдяки особливостям будови макро- і мікроструктури фасонних виливків вони мають переваги порівняно з деталями аналогічного хімічного складу після обробки різанням, що проявляється в зростанні контактної міцності, корозійній стійкості та зносостійкості.

Впровадження нових технологій із застосуванням регламентованого інтенсивного тепловідбору потребує вирішення багатьох задач, які можна



поділити на дві великі групи. Перша – це вивчення закономірностей формування структур металів і сплавів при регламентованому тепловідборі під час кристалізації і охолодження виливків. Вирішенню задач, пов'язаних з цією групою проблем, присвячені дослідження багатьох вчених, зокрема Кондратюка С.Є., Гиршовича Н.Г., Саллі І.В., Неймарка В.Є. та ін.

Актуальність проведення таких досліджень ґрунтується на необхідності підвищення якості та властивостей сталевих виливків, зниження металоемності, скорочення енерго- і трудовитрат, а також на необхідності створення нових литих матеріалів, які за своїми властивостями перевищували б комплекс властивостей виробів з прокату. Вирішення проблеми ускладнюється відсутністю системних досліджень в цьому напрямку і складністю процесів, викликаних одночасною дією значного числа факторів на тверднення і формування структурно-фазового складу виливків. З урахуванням цього проведення досліджень, що стосуються впливу фізико-технологічних факторів на кристалізацію, структуроутворення і властивості сталевих виливків є актуальним і необхідним для створення наукової бази нових ливарних технологій.

Прикладом технологій що створюються на основі таких експериментів є рішення в яких застосовуються високі швидкості охолодження розплаву, це маловідходні технології кокільного лиття з інтенсивним тепловідбором, що дозволяють отримувати виливки з щільною та однорідною структурою безпосередньо в ливарній формі. Так, за технологією FPC фірми Volvo Powertrain Foundry виливки отримують в охолоджуваному облицьованому піщаноглинистою сумішшю кокілі. В роботі приводяться варіанти застосування інтенсивного охолодження в піщаноглинистих формах за допомогою холодильників, в роботі застосовують технології високошвидкісної спрямованої кристалізації при виготовленні деталей газотурбінних двигунів. Набувають поширення також методи струменевого формування заготовок, а також CSD-технології (Controlled Spray Deposition) або Оспрей-процес, де формоутворення заготовок відбувається за допомогою штампування гранул отриманих розпиленням розплаву; гранульні технології лиття в яких в якості шихти використовують гранули отримані розпиленням розплаву.

Слід також враховувати те, що більшість виливків піддають тепловій обробці, що призводить до трансформації структури і фазового складу сталі отриманих після лиття. Тому друга група задач пов'язана з вивченням закономірностей поведінки і трансформації литих структур після наступних операцій термічної і хіміко-термічної обробки і є важливою, як у науковому так і в прикладному аспектах. Вивчення останньої групи проблем пов'язано з явищем спадковості металевих матеріалів, тобто із збереженням в них певних особливостей будови, структури і властивостей вихідного металу після дії різних технологічних впливів. Завдяки таким дослідженням з'явилась можливість широкого застосування в промисловості технологій, що використовують явище фазової і структурної спадковості при проведенні термічної і хіміко-термічної обробки литих виробів зі швидкоріжучих і конструкційних легованих сталей.



# МЕТАЛОРІЗАЛЬНІ ВЕРСТАТИ ТА СИСТЕМИ



# ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

*А.Н. Алексеев, А.Н. Нежибецкий*

Метод линейного программирования широко применяется в машиностроении для оптимизации различных технических решений при проектировании, изготовлении и эксплуатации систем металлообрабатывающих инструментов, отдельных экземпляров инструментов и их конструктивных элементов. Метод позволяет составить оптимальный план эксплуатации средств инструментального оснащения в ряде случаев без проведения специальных дорогостоящих экспериментов.

В работе метод линейного программирования использован для выбора оптимального состава комплекта металлообрабатывающего инструмента для изготовления втулки СВС 12.01.35К. При этом в качестве критерия оптимизации выбираем одну из характеристик системы, конструкции или процесса, которая описывается линейной функцией типа

$$A = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_iX_i + \dots + C_nX_n$$

где  $A$  - целевая функция (производительность, которую надо максимизировать, или себестоимость, которую надо минимизировать);

$X_i$  - параметр системы, конструкции или процесса, который влияет на величину целевой функции (режимные параметры процесса резания, влияющие на производительность обработки);

$C_i$  - цена (числовой коэффициент, описывающий степень влияния переменной на целевую функцию).

На параметры системы накладываем линейные ограничения

$$P_{11}X_1 + P_{12}X_2 + \dots + P_{1i}X_i + \dots + P_{1n}X_n = B_1;$$

$$P_{21}X_1 + P_{22}X_2 + \dots + P_{2i}X_i + \dots + P_{2n}X_n = B_2;$$

$$P_{j1}X_1 + P_{j2}X_2 + \dots + P_{ji}X_i + \dots + P_{jn}X_n = B_j;$$

$$P_{t1}X_1 + P_{t2}X_2 + \dots + P_{tn}X_n + \dots + P_{tn}X_n = B_t;$$

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_i \geq 0, \dots, X_n \geq 0,$$

где  $B_j$  - ограничение, накладываемое на систему внешней средой;

$P_{ji}$  - коэффициент влияния параметра системы на величину ограничения.

Такая запись целевой функции и линейных ограничений позволяет найти экстремум целевой функции и тем самым составить оптимальный план эксплуатации при формировании комплекта металлорежущих инструментов.



# ОПРАВКА ДЛЯ НОЖЕТОЧИЛЬНОГО СТАНКА

*Д.М. Алексеенко, Ю.Б. Пупченко*

В производственных условиях большинства предприятий полиграфии и деревообработки, использующих в качестве режущего инструмента плоские ножи с углом заострения  $\beta=17-22^\circ$  и длиной до 2200 мм, возникает проблема, связанная с восстановлением сломанного инструмента.

Статистический анализ целого ряда предприятий показал, что до 10% плоских ножей выведены из строя и практически не подлежат восстановлению из-за катастрофических сколов режущей кромки, как в связи с объективными, так и с субъективными причинами. При попадании в зону резания посторонних предметов большей твердости, чем обрабатываемый материал: как то случайно забытый слесарный инструмент наладчика, болты, осколки мин и снарядов, пули в стволах деревьев и др. происходят сколы и нарушения режущей кромки глубиной до 10-20 мм, устранение которых возможно только при съеме соответствующего припуска по всей длине ножа. Из-за высокой трудоемкости эта операция, как правило, экономически нецелесообразна, поэтому часто такой инструмент в силу целого ряда причин исключают из эксплуатации, несмотря на его высокую стоимость. Все это относится к ножам как из легированной инструментальной стали, так и к ножам из твердого сплава, сложность эксплуатации которых значительно выше.

Одним из путей решения существующей проблемы может быть использование высокопроизводительного фрезерования инструментом из сверхтвердых материалов или же близким по производительности комбинированным шлифованием крупнозернистыми алмазными кругами.

Существующий прогрессивный технологический процесс восстановления инструмента возможен только на специальных ножеточильных станках, обеспечивающих соответствующие кинематические и точностные условия, поэтому процесс фрезерования целесообразно реализовать на этом оборудовании, совместив его с окончательной операцией заточки и выхаживания.

Для этой цели спроектирована специальная оправка, конструкция которой позволяет устанавливать одновременно на шпиндель шлифовальной головки шлифовальный круг для заточки и фрезу или обдирочный круг внутри или снаружи первого соответственно.

Особенностью оправки является ее возможность изменения взаимного расположения плоскостей резания двух инструментов относительно оси вращения при достижении достаточной жесткости конструкции.

Одним из основных достоинств этой конструкции является минимизация припуска на заточку после черновой обработки и соответствующее повышение точности геометрических показателей лезвия инструмента.



# РАЗРАБОТКА САПР КОНСТРУКЦИИ ШАРОВЫХ КРАНОВ

*К.А. Дядюра, В.А. Ольховик*

Автоматизация проектирования и конструкторско-технологической подготовки производства с использованием современных интегрированных программ делает более доступной разработку специальных приложений, которые позволяют повысить уровень и качество проектируемого изделия.

Поэтапное формирование конструкций и одновременный ее пересчет позволяют оперативно оценивать характер полученных результатов и корректировать параметры расчета. Все это значительно упрощает поиск решения и делает процесс проектирования открытым для использования различных математических методов оптимизации.

В данной работе рассматривается один из возможных вариантов автоматизированного проектирования трубопроводной арматуры, в частности конструкций шаровых кранов. Как правило, данное оборудование является неотъемлемой частью любого трубопровода в нефтяной, газовой, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической отраслях промышленности.

Требования, предъявляемые к арматуре, чрезвычайно разнообразны. В месте с тем, непрерывность технологических процессов выдвигает основные требования: увеличение срока службы, надежности и долговечности всех видов арматуры.

Условия работы арматуры определяются большим числом факторов: рабочим давлением и температурой среды, физическими и химическими свойствами рабочей среды, колебаниями давления и температуры, периодичностью выполнения циклов срабатывания или переключений, типом привода, местонахождением арматуры на трубопроводе, расположением на открытом месте или закрытом помещении, климатическими условиями и др.

Совокупность перечисленных условий работы вызывает необходимость проведения тщательного силового и прочностного расчета всех элементов арматуры и правильного подбора материалов.

Разработанная схема САПР шарового крана в системе T-FLEX 8.0 предусматривает решение следующих задач его производства:

- проведения расчета конструкции шаровых кранов;
- подбор материалов основных деталей в зависимости от свойств рабочей среды;
- параметризации конструкций шаровых кранов;
- проведение расчета герметичности затвора;
- выбор оптимального варианта конструкции по значениям основных показателей шаровых кранов.

Разработанная САПР рассчитана на построение различных исполнений шаровых кранов по способу присоединения к трубопроводу: межфланцевое, фланцевое и с патрубками под приварку.



# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРИ КОНЦЕВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

*С.С. Емельяненко*

В настоящее время процессы металлообработки, в частности концевое фрезерование (КФ) проходит с высокими скоростями вращения шпинделя (до 50'000 об/мин), и высокими скоростями перемещения рабочих органов станка (до 4'000 м/мин), при этом обработка ведется сложных контуров требующих маломерных концевых фрез. Все это приводит к выходу на первый план динамики резания, которая влияет на точность обрабатываемой детали и шероховатость поверхности, на стойкость и работоспособность инструмента.

При определенных условиях процесс резания теряет устойчивость. Потеря устойчивости технологической системы (ТС) характеризуется возникновением вибраций – вредных периодических колебаний, которые вызывают периодическое изменение толщины срезаемого слоя и сил резания. Традиционный метод борьбы с вибрациями – это снижение режимов резания, вследствие чего, снижается производительность обработки и экономическая эффективность.

Как известно при резании возникают вынужденные колебания и автоколебания. Вынужденные колебания возникают в результате действия внешней возбуждающей силы. Причинами их возникновения могут быть вибрации вследствие дисбаланса частей станка или вращающейся обрабатываемой заготовки, пульсации жидкости в трубопроводе у станков с гидроприводом и многое другое. Меры борьбы с вынужденными колебаниями – это устранение причин, вызывающих возбуждающую силу. Автоколебания – это незатухающие колебания системы, которые сами являются источниками этих колебаний, причем амплитуда и период колебаний определяются свойствами самой системы и не зависят от внешней возбуждающей силы. Причинами возникновения автоколебаний могут быть явления наклепа, нароста, переменная скорость движения стружки и др..

Прогнозирование автоколебаний при КФ даст возможность работать с режимами резания, которые позволили бы сохранить производительность обработки, а в некоторых случаях и повысить её.

Заранее зная свойства технологической системы, а именно её жесткость и демпфирование позволит построить диаграмму стабильности ТС для таких режимов резания как ширина фрезерования и частота вращения шпинделя и по ней определить зоны стабильной процесса резания.

Таким образом, прогнозирование и борьба с автоколебаниями является весьма важным направлением исследований, в области обработки металлов резанием.



# УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОРНЕЙ СТРУЖЕК ПРИ ТОЧЕНИИ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ ПО СХЕМЕ ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО РЕЗАНИЯ

*В.А. Залого, А.Ю. Щербина*

Анализ явлений происходящих в зоне стружкообразования, с помощью методов экспериментальных исследований, требует мгновенной остановки процесса резания, получения корня стружки и последующей обработки шлифов для изучения их микроструктуры.

Для этих целей спроектировано устройство для получения корней стружек при точении на токарном станке при схеме тангенциального резания. Устройство относится к обработке материалов резанием и может быть использовано при исследованиях нестационарных процессов резания, связанных с необходимостью получения корней стружек. Целью разработки данного приспособления являлось расширение функциональных возможностей устройства путем получения корня стружки при заранее заданных параметрах резания и уменьшение искажения картины зоны стружкообразования.

Приспособление состоит из следующих частей: 1) резцедержка, которая устанавливается на суппорте; 2) цилиндрическая оправка, установленная в шпинделе станка; 3) электромагнит со стопорным механизмом; 4) ЭВМ.

Резцедержка состоит из корпуса с установленным в нем резцом. Корпус резцедержки крепится двумя болтами к суппорту токарно-винторезного станка. Цилиндрическая оправка устанавливается в шпиндель станка. На оправку напрессована бронзовая втулка, на которую в свою очередь насажена обойма. Передача крутящего момента от обоймы к цилиндрической оправке обеспечивается с помощью разрушаемого штифта. На обойму устанавливается разжимная цанга, с поджимной гайкой. На цангу установлено два кольца, между которыми и установлена обрабатываемая заготовка.

Принцип действия приспособления основан на мгновенном прекращении процесса резания путем разрушения штифта. Устройство работает следующим образом. Цилиндрическая оправка устанавливается в трехкулачковом патроне и поджимается жестким задним центром. Для обеспечения вращения обоймы с заготовкой обойма штифтуется сплошным штифтом. Диаметр штифта предварительно рассчитан из условия его неразрушения под действием сил резания. Во время процесса резания, когда резец движется в тангенциальном направлении относительно заготовки, в требуемый момент времени происходит стопорение обоймы, в результате чего, за счет удара, образуются критические силы, многократно превышающие силы резания, что приводит к разрушению штифта. Обойма останавливается, однако цилиндрическая основа продолжает вращаться. Это и позволяет нам получить корень стружки и, следовательно, точную картину зоны резания.



# РАЗРАБОТКА САПР ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ: ФРЕЗА, ДОЛБЯК В СРЕДЕ T – FLEX

*Р.Н. Зинченко, В.В. Голуб*

К числу наиболее сложных и дорогостоящих режущих инструментов нужно отнести зуборезные инструменты. При проектировании зуборезных инструментов, помимо решения общих вопросов, связанных с оформлением режущих элементов, важным моментом является правильное определение и технологическое воспроизводство их режущих кромок. Последнее по существу обуславливает точность получения профиля изделия, а это является основным в технологии изготовления любого изделия.

Для повышения скорости и точности проектирования в наше время все чаще и чаще используют САПР инструмента. На сегодняшний день использование и создание САПР обусловлено бурным развитием вычислительной техники, а также чертежных пакетов с возможностью создания в них прикладных библиотек, или объектной параметризации элементов чертежа.

Одним из таких пакетов является среда T-Flex CAD. T-FLEX CAD - система параметрического автоматизированного проектирования и черчения. Она обеспечивает высокую степень гибкости и возможность изменения изображения при сохранении соотношений между элементами, предусмотренных разработчиком. Уникальный механизм параметризации и полный набор профессиональных инструментов компьютерного проектирования позволяют существенно упростить процесс конструирования и оформления графической документации.

Параметрическое проектирование, возможность назначения геометрических параметров через переменные и изменения этих параметров - это будущее всех систем автоматизированного проектирования и черчения. Эффективность системы T-FLEX CAD базируется в первую очередь на новой геометрической модели. Эта модель позволяет наполнить понятие «параметризация» существенно более глубоким, чем это принято в других системах, содержанием. Идея параметризации уже прочно завоевала свое место в компьютерном проектировании. Под параметризацией подразумевается, прежде всего, многократное использование чертежа с возможностью изменения его параметров. Практически все разработчики САПР-систем заявляют о средствах параметризации. Но разработанные задолго до появления концепции параметризации эти системы вынуждены использовать для поддержки параметризации свою, не приспособленную для этого внутреннюю организацию данных. Это приводит к получению либо неэффективных, либо ограниченных решений. Революционно новый подход к идее параметризации и то, что параметрическая модель лежит в основе



чертежа, при работе в системе T-FLEX CAD качественно расширяют возможности параметрического проектирования.

T-FLEX CAD использует привычные для конструктора элементы и параметры проектирования. При этом совершенно не обязательно ставить элементы чертежа на точные позиции. Возможности по модификации размеров элементов и их положения на чертеже не имеют аналогов в других CAD-системах.

Уникальными по своим возможностям являются средства создания сборочных параметрических чертежей. T-FLEX CAD позволяет получать сложные чертежи, в которых его отдельные части могут быть взаимосвязаны. Связь можно задать как через геометрическую зависимость, так и через значения параметров. При этом обеспечивается удаление невидимых линий в случае, если отдельные части чертежа перекрывают друг друга. Уровень вложенности отдельных частей чертежа неограничен. Меняя параметры сборочного чертежа, можно за считанные секунды получить готовые чертежи нового проектируемого изделия. Одновременно с измененным сборочным чертежом вы получите и чертежи его составных частей (деталей), а также другие сопутствующие документы. Одним из обычных атрибутов параметрических CAD-систем является язык программирования, который используется для задания параметрических связей. В этой связи проявляется еще одно существенное достоинство программы T-FLEX CAD. От инженера не требуется никаких специальных знаний в области программирования. Параметрам чертежа могут назначаться переменные. С помощью простых математических формул переменные можно связывать между собой. При этом не нужно изучать какой-либо язык программирования. Назначение переменных может происходить и при создании элемента, и при его последующем редактировании. Значения переменных можно получать из других чертежей или автоматически отбирать из баз данных. Все это делает возможности по модификации чертежа безграничными.

Алгоритм решения задачи представлен на рисунке 1.

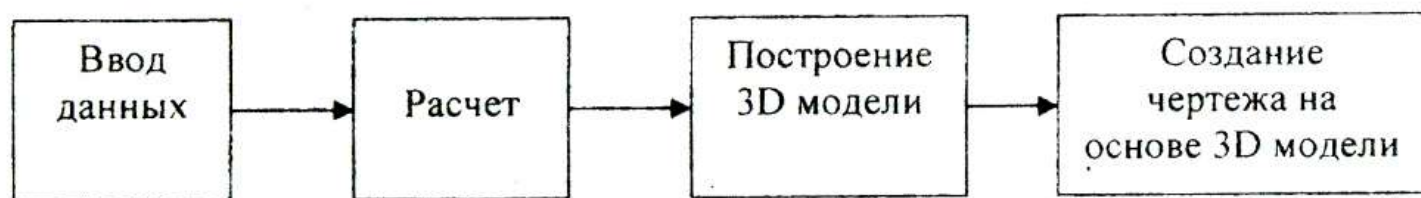


Рисунок 1 – Структура САПР протяжки

Ввод данных производится в диалоговом режиме. На рисунке 2 и 3 представлены общие виды диалоговых окон при проектировании фрезы и долбяка.

После ввода исходных данных производится расчет и построение 3D модели. Далее производится создание чертежа на основе 3D модели путем проецирования на плоскость.



На выходе будем иметь 3D модель инструмента (рис. 4, 5) и ее рабочие чертежи со всеми необходимыми сечениями и разрезами, сформированными системой автоматически.

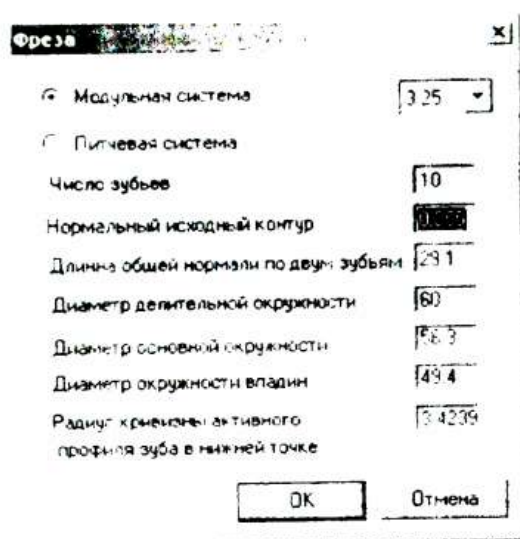


Рисунок 2 – Общий вид диалогового окна при проектировании фрезы

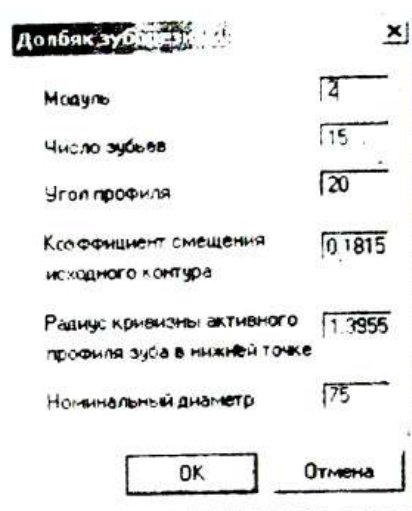


Рисунок 3 – Общий вид диалогового окна при проектировании долбяка

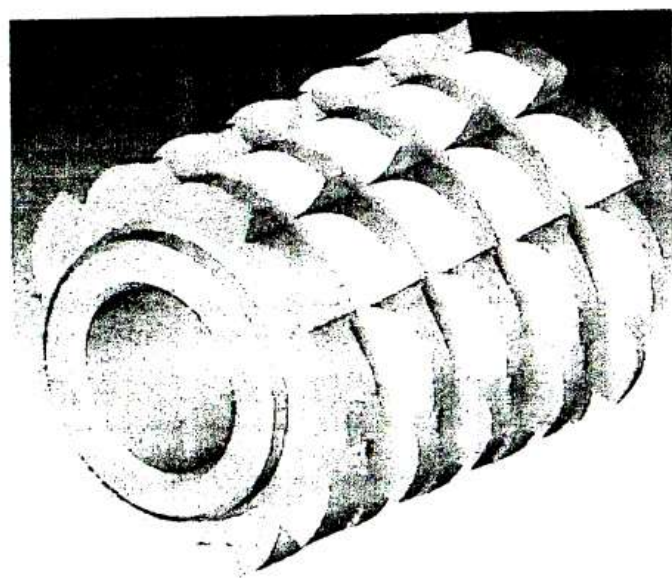


Рисунок 4 – 3D модели фрезы

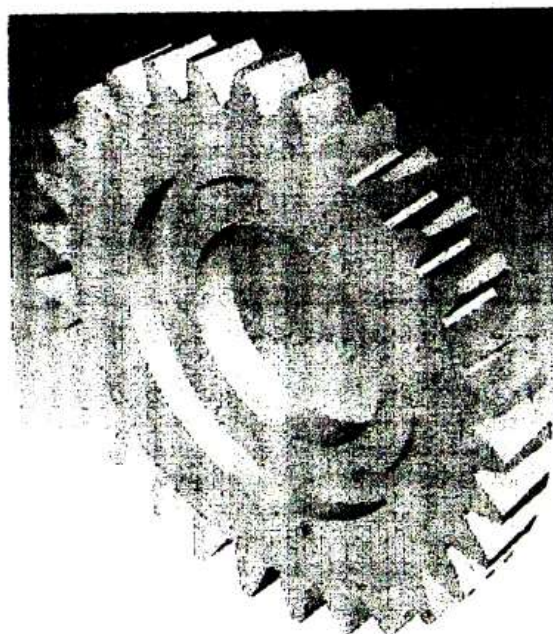


Рисунок 4 – 3D модели долбяка

Исходя из изложенного материала можно сделать вывод, что САПР является актуальной темой на данный момент.

Можно отметить некоторые моменты:

- САПР позволит значительно уменьшить время на проектирование (особенно это заметно при создании типовых конструкций протяжек);
- САПР инструмента позволит снизить требования к уровню рабочего персонала
- САПР инструмента позволит сделать расчеты более точными.



# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*В.А. Залоза, А.В. Ивченко, А.А. Ротт*

На современном этапе развития промышленного комплекса Украины во многом зависит от наращивания мощностей инструментального обеспечения производства. Это вызывает необходимость уделять все больше внимания к вопросам повышения эффективности организации и управления инструментальным хозяйством машиностроительных и других предприятий.

Современные крупные промышленные предприятия используют в своей деятельности большое количество разнообразных инструментов. Доля затрат на их приобретение и изготовление в себестоимости продукции предприятия составляет 5–10%. Запасы инструментов и приспособлений в денежном выражении достигают 30–40% общей суммы оборотных средств предприятия. В инструментальных цехах и участках машиностроительной и металлообрабатывающей промышленности сосредоточено до 20% оборудования, до 6% площадей, до 10% производственных рабочих от числа занятых в основном производстве.

Таким образом, машиностроительные предприятия являются сложной организационно-технологической системой с множеством входящих в нее связей и ограничений. Сложность этой системы состоит и в том, что она охватывает все сферы вращения инструментальной оснастки от установления потребности в инструменте до его изготовления и полной амортизации в процессе эксплуатации.

От качества и прогрессивности инструмента, от рациональной организации обеспечения им рабочих мест и объема затрат на инструмент существенно зависит объем выпуска и качество продукции, а затем и доход от ее реализации, т.е. технико-экономические показатели предприятия.

Поэтому целью работы является повышение производительности и надежности технологической системы путем разработки методики оценки качества системы инструментальной подготовки производства (ИПП) машиностроительного предприятия на основе требований ДСТУ ISO 9001-2001.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ требований нормативной документации в сфере организации и управления системой ИПП машиностроительного предприятия.
2. Разработать методику оценки качества системы ИПП машиностроительного предприятия.



# МОДЕРНІЗАЦІЯ ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ

*М.М. Коротун, В.С. Крамаренко*

Для автоматичного регулювання натягу в підшипниках кочення, покрашенню надійності шпindelьних вузлів шляхом підвищення точності і стабільності регулювання натягу існує відомий пристрій, принцип дії якого полягає у тім, що між підшипниками опори шпинделя та гайкою, розміщеною від них на достатній відстані, розміщений додатковий пружний елемент, що деформується, за рахунок відцентрових сил що діють під час обертання шпинделя і чим більші оберти тим більш деформація цього пружного елемента. Пружний елемент у свою чергу забезпечений додатковими грузилами, за допомогою яких деформація пружного елемента забезпечується відцентровими силами при збільшенні частот обертання шпинделя. Деформація пружного елемента впливає на зміщення його торців, що контактують із кільцем підшипника, і таким чином змінюють величину натягу. Відомим також є пристрій, де за допомогою вмонтованого в корпус шпindelьного вузла гідроциліндра, складеної шестерні та кулачків на торцях шестерень забезпечується під дією осьового навантаження за допомогою тиску мастила вибірка зазорів у зубчатому зачепленні. Недоліком такої конструкції є складність підведення тиску мастила до шпинделя, що обертається із значними частотами. Нами запропонована конструкція, що поєднує перелічені вище пристрої і дає новий технічний результат, який полягає у тім, що завдяки використанню ефекту відцентрової сили при збільшенні частот обертання шпинделя автоматично зменшується зазор у зубчастих передачах приводу верстата.

Для підвищення точності обертання шпинделя шляхом інтенсифікації гасіння коливань існує пристрій. Шпindelь металорізального верстата виконаний у вигляді вала, на якому встановлений маховик. Маховик виконаний порожнім, а всередині співвісно з ним встановлений збалансований вільно обертаючий диск. Вільний простір в маховику заповнений в'язкою рідиною. Пристрій працює наступним чином: при роботі металорізального верстата шпindelь обертається навколо вісі, разом із шпинделем обертається і маховик. За рахунок тертя в підшипниках, а також тертя в'язкої рідини по стінкам корпусу маховика і по стінці вільно обертаючого диска, останньому передається обертання від вала. При обробці матеріалів різанням виникають круті коливання шпинделя. За рахунок енергії шкідливих крутих коливань змінюється частота обертання диска по відношенню до корпусу маховика. Це призводить до зміни гіроскопічного моменту диска і конструктивно зв'язаного з ним вала.

Недоліком такої конструкції є те, що інерційні елементи пристрою мають значний час запізнення дії на початку роботи верстата та продовження обертання після зупинки шпинделя. Нами запропоновано нову конструкцію вузла, що вільна від вказаного вище недоліку. Конструкція подана на плакаті.



# КІНЕМАТИЧНІ РОЗРАХУНКИ ДИСКРЕТНИХ ПРИВОДІВ ПОДАЧ

*М.М. Коротун, І.О. Никифоренко, Р.М. Пушкар*

Переважна кількість верстатів мають дискретні приводи подач. Значення дискрети подач залежить від призначення верстата, його конструкції та кінематики. Наприклад, для верстатів з ЧПУ дискрети подач знаходяться у межах 0,01 – 0,005 мм. Поширеними приводами дискретних подач верстатів без ЧПУ є редуктори із зубчастими колесами, які призначені для формоутворюючих рухів подач на оберт шпинделя, хвилинних подач та більш складних, як, наприклад, формоутворення різьблень. На деяких типах верстатів застосовують не зубчасті, а храпові механізми, які теж дають дискретні ряди подач. Розрахунки таких приводів подач дещо відрізняються від розрахунків приводів із зубчастими колесами. Насамперед, для приводів подач з храповими механізмами застосовуються тільки арифметичні ряди подач, тоді як для механізмів із зубчастими колесами можливе використання як арифметичних, так і геометричних подач. У доповіді наводиться конкретний приклад розрахунку приводу подач верстата із храповим механізмом. Суттєвою ознакою такого розрахунку є те, що за вихідними даними потрібно підібрати арифметичний ряд, розрахувати кількість обертів вихідного валу, які складають соті частки оберту, розрахувати значення дискретних подач, побудувати кінематичну схему, накреслити та обґрунтувати графік дискретних подач, та виконати безпосередньо розрахунок храпового механізму. Безумовно, розрахунок храпового механізму можливо виконати, користуючись прикладами конструкцій базових моделей верстата. Але незважаючи на наявність таких прикладів, подібні розрахунки виконуються як аналітично, так і з використанням графіки. Суть полягає у тім, щоб створити храповий механізм, який за конструктивними параметрами повинен як відтворювати кінцевий результат, тобто вихідні значення дискретних подач, так і відповідати силовим параметрам, тобто забезпечувати передачу зусиль на виконавчий орган верстата. Але таких механізмів може бути кінцева безліч, яка потребує або елементів оптимізації, або обмежень, що обумовлюються силовими можливостями храпових механізмів. Оптимізації потребують такі параметри, як діаметр храповика, висота та довжина зубців храповика, кут їхнього нахилу, геометричні параметри носика тріскачки, її розміщення на привідному механізмі, діаметр вісі тріскачки, розміщення та конструкція пружини тріскачки та ін. У графічній частині доповіді наводяться конструктивні приклади та приклади розрахунків дискретних храпових механізмів металорізальних верстатів шліфувальної групи, зокрема механізм поперечної подачі плоскошліфувального та круглошліфувального верста, де такі механізми знаходять значне застосування.



# МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРОСТІЙКОСТІ ВЕРСТАТІВ

*М.М. Коротун, О.Г. Смага*

Від можливої просторової деформації верстата при навантаженні силами різання залежить його вібростійкість. Одним з методів пошуку вібростійкості верстатів є визначення форм коливань, що характеризують просторову деформацію. Під формою коливань верстата розуміють сукупність відношень переміщень точок, які коливаються, до якої-небудь окремої точки пружної системи, отриманих у визначений момент часу. Для зняття форми коливань вибирають опорну точку, з якою порівнюють коливання усіх інших. Збудження коливань здійснюється різанням у найбільш вібронебезпечному режимі, вимірювання – індуктивними або проволочними перетворювачами. Відносні амплітуди коливань наносять на контури верстата. Подальшому дослідженню підлягає той елемент верстата, де відхилення найбільші. Для оцінки вібростійкості верстатів використовують такі методи досліджень: за граничною стружкою, за амплітудно-фазовою частотною характеристикою (АФЧХ), за зміною коефіцієнта стійкості та ін. Найбільш розповсюджені перші два методи. Дослідження вібростійкості верстатів за граничною стружкою виконують в процесі різання: створюють реальні умови навантаження та роботи рухомих з'єднань, виключають похибку, пов'язану з лінеаризацією системи. Граничною стружкою вважають максимальну ширину (глибину) різання, при якій робота здійснюється без вібрацій. Граничну стружку визначають для кожного з фіксованих параметрів різання або конструкції верстата при послідовному збільшенні ширини (глибини) різання до моменту інтенсивного росту коливань. У доповіді подається схема вимірювання коливань із застосуванням комп'ютера. Для цього між перетворювачем коливань та комп'ютером потрібен аналогово-цифровий перетворювач. Точніше вібростійкість верстатів визначають за допомогою амплітудно-фазових частотних характеристик. Найбільш точно АФЧХ визначають експериментально. У літературі є відомості про методики та засоби вимірювання частотних характеристик, які дозволяють визначити вплив окремих конструктивних та технологічних параметрів на стійкість верстата. Характеристика еквівалентної пружної системи верстата повинна визначатися на працюючому верстаті або на холостому ході. Але в обох випадках виникають труднощі у створенні зовнішнього навантаження та вимірюванні відносних зміщень між рухомими ланками верстата: інструментом та заготовкою, тому часто характеристики пружної системи визначають на непрацюючому верстаті. Перспективним методом дослідження коливань верстатів є створення їх 3D моделей, що відповідають розмірам та конструктивним параметрам фізичних моделей верстатів, створення моделей їх навантаження та проведення дослідів на таких моделях.



# ЗВ'ЯЗОК ПАРАМЕТРІВ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА З ВІБРОСТІЙКІСТЮ ВЕРСТАТА

*М.М. Коротун, О.Г. Смага*

При конструюванні координатно-розточувальних верстатів (КРВ) намагаються забезпечити можливість виконання на цих верстатах не тільки чистових, але й напівчистових операцій з метою підвищення продуктивності та повної обробки корпусних деталей. Однак низька вібростійкість динамічної системи сучасних КРВ нерідко обмежує виконання напівчистових операцій. Найбільше обмеження за параметрами вібростійкості відноситься до шпиндельної групи верстата. Коливання пружної системи КРВ при роботі жорсткою розточувальною оправкою визначається коливаннями пінолі шпинделя у гільзі, незважаючи на те, що зазор між гільзою та піноллю шпинделя не перевищує одного мікрметра. Умову стійкості динамічної системи верстата можна визначити як теоретично, так і експериментально. У зв'язку з тим, що динамічна система верстата важко піддається формалізації, теоретичні розрахунки можливі за умови проведення експериментів, що потребують складної апаратури. Навіть при обробці «по сліду», для визначення постійної часу стружкоутворення, тобто для визначення стійкості системи при розточуванні жорсткою оправкою, гранична межа глибини різання за відповідними формулами визначається після проведення упереджуючих експериментів. Виконання порівняльного аналізу вібростійкості різноманітних конструкцій КРВ із застосуванням критерію граничної межі глибини різання значно полегшує процес визначення вібростійкості, так як дозволяє проводити його незалежно від часу стружкоутворення. Математична (розрахункова) модель пружної системи (ПС) відбиває роль найважливіших деталей, стиків (зазорів, натягів) у вузлах реальної ПС верстата у формуванні динамічної похибки обробки. При побудові розрахункової моделі також ефективним є використання експериментальних даних за власними частотами та формами коливань ПС верстата на цих частотах. Це дозволяє зберігти змістовність моделі, зробити при її побудові ряд обґрунтованих спрощень. За літературними даними були визначені експериментальні частотні характеристики шпиндельної коробки та гільзи відносно стола верстата. Отримані експериментально форми коливань верстата дозволили розділити всі елементи його ПС на «масиви» (жорсткі тіла) та «стрижні» (пружні балки). До «масивів» були віднесені стіл, ковзани, станина, електродвигун та шпиндельна коробка. За жорстку балку на пружних опорах прийнята висувна гільза верстата. До стрижнів віднесені шпиндель та стояк верстата, пружні характеристики яких визначалися розрахунковим шляхом з використанням ЕОМ. В якості приклада у докладі наведено одне з матричних рівнянь ПС верстата – рівняння руху стояка. До рівнянь надходять матриці інерційних характеристик, демпфування та



жорсткості; матриці локальних податливостей для перемішень під дією сил, прикладених до точки, що визначається; матриці податливості стиків; матриці переносу та транспоновані матриці переносу. Показано, що усього для ПС КРВ може бути складено 12 матричних рівнянь. Всі рівняння мають однаковий вигляд незалежно від того, рух якої плоскої підсистеми розглядається. В кожному з випадків змінюється лише зміст матриць. Сім рівнянь, наприклад, описують рух ПС верстата до самого шпинделя, наступні чотири – рух шпинделя. В них включені реактивні сили, які діють на шпиндель зі сторони інструмента. Це дозволяє приєднати до основної системи рівнянь одне (як в даному випадку) або декілька додаткових рівнянь, які описують рух якого-небудь інструмента (оправки, розточувальної борштанги, фрези і т.п.), у залежності від того, яка конкретна задача вирішується. Аналіз форм коливань КРВ показав, що коливання його шпинделя та несучої системи слабо пов'язані; враховуючи, також, що нестійкість динамічної системи КРВ при розточуванні визначається коливаннями шпинделя відносно гільзи, при вирішенні поставленої задачі можна використати схему тільки шпиндельного вузла, виключивши з розгляду інші елементи системи (гільзу, шпиндельну коробку і т. д.). У графічній частині доповіді подана розрахункова схема всього КРВ та шпиндельного вузла зокрема; представлено, що для порівняльного аналізу вібростійкості декількох КРВ на ЕОМ розраховують частотні характеристики декількох конструктивних варіантів шпиндельного вузла, призначеного для використання на координатно-розточувальному верстаті розроблюваної моделі, а також шпиндельного вузла верстата базової моделі. Варіанти шпиндельних вузлів відрізняються зовнішнім та внутрішнім діаметрами шпинделя, довжиною його міжопорної частини, а також значеннями радіальної жорсткості верхньої та нижньої опор та кутової жорсткості нижньої опори. Варіанти оптимізованих конструкцій шпиндельних вузлів подані для параметру довжини міжопорної частини при  $L = 620, 500$  та  $400$  мм. Результати розрахунку варіантів порівнюють за значеннями приведених до різця статичної податливості шпиндельного вузла та максимальної динамічної податливості на резонансній частоті. Крім частотних характеристик за допомогою ЕОМ визначають також форми коливань шпинделів верстатів для всіх варіантів при різних значеннях жорсткості опор. Виконання розрахункового аналізу конструкцій шпиндельних вузлів КРВ дозволяє знайти оптимальний варіант шпиндельного вузла, використання якого на верстаті дозволяє підвищити його вібростійкість при виконанні напівчистових операцій обробки. Наведені у графічній частині доповіді приклади показують, що стійкість динамічної системи верстата при розточуванні жорсткою борштангою для запропонованих удосконалених конструкцій шпиндельного вузла підвищується у порівнянні з базовим шпиндельним вузлом. Отримані залежності корисні для оптимізації конструкції шпиндельного вузла за динамічною податливістю.



# ФРЕЗИ НЕТРАДИЦІЙНИХ КОНСТРУКЦІЙ

*М.М. Коротун, В.П. Краснабарод*

Фрези нетрадиційних конструкцій відносять до спеціального ріжучого інструменту, проектування якого здійснюється за різними способами. Вимоги, що повинні міститися у проектному завданні, можуть бути формалізовані математичними описами і такими, що не мають математичних описів. З огляду виконання цих вимог, кожен з них можна розбити на дві групи. До першої групи відносять вимоги, які можуть бути забезпечені існуючими методами синтезу заданої схеми конструкції, а до другої відносять вимоги, які можуть бути забезпечені тільки порівнянням заданих значень з даними аналізу певної конструкції. У загальному випадку проектування конструкцій ріжучого інструменту здійснюється з використанням як методів синтезу, так і методів аналізу. Для вирішення задач, що відносяться не до конкретної схеми конструкції, а до кінцевої безлічі схем, використовують методи аналізу. Нами проведено аналіз кінцевої безлічі схем, що відносяться до фрез нетрадиційних конструкцій. Аналіз існуючих конструкцій торцевих фрез визначив основні вимоги, які необхідно враховувати при створенні оптимальної конструкції інструменту. Для отримання високоякісних площин з високою продуктивністю і якістю обробки інструмент повинен мати радіусну калібровану кромку; механізм закріплення різальних елементів повинен забезпечувати прецизійну та стабільну орієнтацію каліброваних кромки; у фрезах повинен бути забезпечений ряд додаткових вимог, щодо розширення функціональних можливостей інструменту, насамперед ступінчасте розташування різальних ножів, що підвищує максимальну глибину різання та поєднує чорнові і чистові операції за один прохід; радіальне розміщення механізму закріплення збільшує можливе число різальних ножів у фрезі; використання напаяних різальних ножів та їх кутове розміщення дозволяє вести обробку закритих площин; застосування ножів із ПНТМ та деякі інші вимоги. Аналіз конструкцій, вимог та нові рішення наведені на графічній частині доповіді. На основі аналізу нами запропоновані конструкції нестандартних торцевих фрез, які з одного боку відповідають наведеним вище вимогам, а з іншого мають елементи новизни. Для вирішення питання про їх продуктивність та працездатність потрібно виконати як розрахунковий аналіз, так і експериментальне підтвердження прогнозу покращення вказаних параметрів. Кількість розрахунків, пов'язаних з пошуком оптимального варіанта, можна скоротити, якщо врахувати різну жорсткість умов, які накладають окремі конструктивні параметри. Такі розрахунки дозволяють виконувати сучасні програми, але їх теж потрібно вдосконалити.



# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПРЯМОУГОЛЬНОГО РЕЗАНИЯ

*Д.В. Криворучко, С.Н. Хвостик*

Имитационное моделирование является одним из приоритетных направлений развития науки, в том числе и науки о резании металлов. Начиная с 1973 года, разработано большое множество КЭ моделей процесса резания, как прямоугольного, так и косоугольного. В первые годы для реализации моделей использовалось программное обеспечение, разработанное самими авторами. В настоящее время такая практика становится все менее применяемой в связи с появлением на рынке универсального программного обеспечения, позволяющее реализовать сколь угодно сложные КЭ модели без разработки специального программного обеспечения. Среди таких пакетов следует отметить ANSYS, LS-DYNA, ABAQUS, DEFORM и др.

В настоящей работе ставилась задача провести экспериментальную проверку КЭ модели, разработанной в LS-DYNA на основе метода явного решения уравнения движения. В качестве модели материала была принята модель в форме Джонсона-Кука, учитывающая температурно-скоростные эффекты, с коэффициентами, полученными для стали 45 Jaspers S.P. и Dautzenberg J.H. в 2002 году. По рекомендациям Altana T. и его сотрудников коэффициент трения был принят равным 0.1, а максимальные касательные напряжения трения – 0.6 ГПа. Для проверки использовались экспериментальные данные, полученные рабочей группой CIRP в 2000 году для случая обработки стали 45 твердосплавным инструментом.

В результате проведения вычислительных экспериментов было показано, что разработанная модель хорошо качественно отражает реальный процесс стружкообразования. Наблюдается зона сдвига, в которой концентрируются максимальные касательные напряжения и пластические деформации. Также имеет место зона вторичных деформаций, в которой стружка дополнительно пластически деформируется. Пластические деформации распространяются под обработанную поверхность.

Вместе с тем, количественная адекватность проверяемой модели подтверждена лишь для проекции силы резания  $P_z$ . Проекция силы резания  $P_y$ , а также коэффициент утолщения и длина контакта по передней поверхности остаются заниженными иногда более чем на 50%. Анализ различных факторов показал, что причина столь большого расхождения связана с априорным выбором коэффициента трения и недостаточно точным учетом сил на задней поверхности инструмента. Дальнейшие исследования должны быть направлены на устранение этих недостатков.



# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЛИЯНИЯ ЗАВИВАНИЯ СТРУЖКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

*Д.В. Криворучко, А.Н. Сорокин*

Для практического использования имитационной модели прямоугольного процесса резания необходимо доказать ее адекватность эксперименту. Вместе с тем, разработанная на кафедре МРС конечно-элементная модель адекватна, как показали исследования, лишь по проекции силы резания  $P_z$ . Одной из причин получения в результате расчета заниженных на 40-50% величин проекции силы резания  $P_y$  и коэффициента утолщения стружки может являться неадекватный выбор модели трения и неправильный учет силы на задней поверхности лезвия. Вместе с тем, возможны и другие причины.

В работе рассматривается влияние завивания стружки и ее контактного взаимодействия с обрабатываемой поверхностью на величину силы резания и усадку стружки. Рассматривалось резание стали 45 инструментом из твердого сплава. Использовалась модель обрабатываемого материала в форме Джонсона-Кука с коэффициентами, полученными Jaspers S.P. и Dautzenberg J.H. Модель трения на передней поверхности была принята в форме модели трения Кулона с ограничением максимальных касательных напряжений. Коэффициент трения – 0.1, максимальные касательные напряжения – 0.6 ГПа. Вычислительные эксперименты проводились для случая резания со скоростями 200 и 300 м/мин, подачами 0.05, 0.1, 0.2 мм/об. Рассматривались лезвия с передними углами  $-10^\circ$ ,  $0$ ,  $10^\circ$ , а также с радиусом округления 0, 0.02, 0.075 мм.

Рассматривалось перемещение лезвия на длину 60-70 толщин среза. Количество узлов в КЭ модели – 16000-22000. Время вычисления одного варианта – 12-15 часов.

Проведенные вычислительные эксперименты показали, что в момент образования полного кольца стружки увеличивается на 10-15% сила резания, происходит утолщение стружки, уменьшается угол сдвига. Это свидетельствует об увеличении напряженности процесса стружкообразования по сравнению с периодом врезания. В условиях натурального эксперимента процесс врезания происходит впервые 1-2 мс от момента касания инструментом заготовки. Поэтому регистрируемые данные о силе резания и усадке стружки учитывают увеличение силы резания за счет взаимодействия стружки с обработанной поверхностью. Однако из-за большого времени расчетов в практически всех исследованиях моделирование прерывается до образования полного завитка стружки. Поэтому величины показателей оказываются заниженными. Таким образом, для проверки адекватности модели необходимо выполнять сравнение показателей процесса, спрогнозированных в период образования полного завитка стружки.



# ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТУ З ЧПК МОДЕЛІ 16Б16Т1

*Л.М. Сєдінкін, М.П. Кутувий*

Надійність - це наука, яка вивчає закономірність змін показників якості технічних засобів і систем і на основі цього розглядає методи, що забезпечують з найменшою витратою часу і коштів потрібну тривалість і безвідмовність їх роботи.

В умовах розвитку нового виробництва і відновлення старого виникає багато проблем в галузі проектування, виробництва і експлуатації машин. Це вимагає нових рішень по прогнозуванню стану машин, діагностиці, забезпеченню працездатності у тяжких умовах використання та при виникненні неочікуваних ситуацій.

Що ж стосується верстатів, то під технологічною надійністю розуміють властивості верстата виконувати обумовлені його призначенням технологічні операції при зберіганні за часом точності обробки і досягнення якості оброблених поверхонь в заданих межах.

Точність і надійність верстатів з ЧПК залежить від якості роботи всього комплексу електронних систем, механічних і керуючих вузлів, механізмів і блоків пристроїв ЧПК (пристроїв вводу і зчитування інформації; блоків для її зберігання, виведення і перетворення; елементів системи автоматичного керування приводами подач), приводних двигунів робочих органів верстату, механізмів автоматичної заміни інструменту, датчиків зворотного зв'язку і т. п.

Дані про технологічну надійність верстату з числовим програмним керуванням моделі 16Б16Т1 отримано з дослідів та розрахунків.

Дані про технологічну надійність взаємодії між блоками системи ЧПК та механікою беруться з дослідів, які виявляють точність позиціювання  $\Delta_{\text{поз}}$ . Під точністю позиціювання розуміють відхилення дійсного положення  $X_i$  від запрограмованого  $X_{\text{прог}}$  при його багаторазовому двосторонньому переміщенні по одній із координатних вісей. Для отримання більш точних даних було проведено досліді на робочій і на прискореній подачі по вісям переміщення  $X$  і  $Z$ . Обробка даних показала, що отримані відхилення знаходяться в межах норми встановлених ГОСТом.

Щодо технологічної надійності механіки, то дані про неї беруться з дослідів, в яких результатом є контактне зміщення. Механізм проведення замірів: до обертового різцетримача прикладається зусилля, а по індикаторам спостерігається відхилення. Обертовий різцетримач навантажується зусиллям у напрямках сил  $P_z$  та  $P_x$ .

При обробці даних, що стосуються жорсткості різцетримача, визначалися відношення пружних переміщень в площинних стиках та переміщення у циліндричних з'єднаннях.

По отриманим з дослідів даним були зроблені розрахунки і висновки.



# К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ БУМАГОРЕЗАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*К.А. Дядюра, А.В. Ткаченко, С.В. Карбанов*

Бумагорезальное оборудование является одним из наиболее необходимых в полиграфическом производстве. Это утверждение справедливо как для офисных, так и для крупных типографий. В первом случае, как правило, для резки бумаги используется резак с ручным управлением, во втором, - исходя из специфики производства и финансовых возможностей, приобретается крупная бумагорезальная машина.

Изменение тенденций рынка печатной продукции (появление новых материалов и способов печати, ускорение послепечатной обработки, возросшие стандарты безопасности и т.д.) выдвигает более высокие требования к техническому уровню полиграфического оборудования.

Дальнейшее принципиальное совершенствование конструкций бумагорезального оборудования во многом связано с его классификацией.

К основным параметрам, на которые ориентируются при классификации бумагорезального оборудования относят:

- формат обрабатываемой продукции;
- тип привода ножа и прижима;
- количество одновременно производимых резов;
- степень автоматизации процесса и т.д.

В соответствии с форматом листа, который должен обрабатываться, различают: малоформатные машины (длина реза, соответствующая диагонали листа до 700 мм), среднеформатные (длина реза до 1400 мм), крупноформатные (длина реза до 2000 мм) и машины сверхбольших форматов (длина реза свыше 2000 мм).

По типу привода ножа и прижима различают ручные, электромеханические и гидравлические. Этот параметр оказывает большое влияние на точность реза и обжим стопы.

По количеству одновременно производимых резов бумагорезальные машины делятся на одноножевые и трехножевые. Трехножевые машины предназначены только для конечной подрезки печатной продукции. Одноножевые модели предназначены для резки любого листового материала: бумаги, картона, фанеры и т.д. Это наиболее распространенный вид оборудования.

В зависимости от объемов работ, требуемого качества и точности резки, бумагорезальные машины оснащаются программируемыми пультами управления различной сложности. Как правило, машины для порезки крупного формата оснащаются дополнительными устройствами сталкивания, переворота, загрузки и разгрузки стопы.

Независимо от классификации и условий полиграфического производства современная бумагорезальная машина должна обеспечивать высокую точность и производительность операции резки.



# ПОКАЗАТЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОКАРНОГО ИНСТРУМЕНТА

*С.В. Швец, О.Н. Овчаренко, В.Н. Козлов*

Эксплуатационные характеристики изделий в основном зависят от долговечности деталей машин. А та, в свою очередь, определяется качеством их поверхностей.

Качество поверхности при резании исследовали П.Е. Дьяченко, А.А. Маталин, А.И. Исаев, А.Г. Суслов, И.Г. Жарков, Э.В. Рыжов, О.А. Горленко, В.И. Аверченков, Г.Л. Куфарев, К.Г. Окенов, В.А. Говорухин и другие.

В большинстве их работ теория качества увязана с процессами, происходящими при образовании стружки. Однако сам процесс резания изучен недостаточно и поэтому теория его является несовершенной базой для теоретического прогноза показателей качества. Пока что имеющиеся теоретические и экспериментальные исследования позволяют прогнозировать показатели качества только в сочетании с большим производственным опытом.

А Третьяков И.П., Непершин Р.И., Мелихов С.Г. убеждены, что из-за сложности процесса резания аналитического решения этого вопроса нет.

Образование микронеровностей находится в полном соответствии с законом процесса образования стружки при резании. Форма и величина неровностей обуславливается свойствами обрабатываемого материала, режимами резания, геометрической формой режущего инструмента и жесткостью технологической системы операции.

Микрогеометрия поверхности может быть представлена выражением

$$H_{\max} = H_p + H_{пл} + H_n + H_{упр} + H_{цар} + H_{ж}.$$

Здесь  $H_p$  - доля высоты неровностей, образованная за счет сочетания геометрии лезвия и подачи;  $H_{пл}$  - доля высоты неровностей, образованная за счет пластических деформаций (остатки деформированной зоны наблюдаются на лезвии в виде нароста после прекращения резания);  $H_n$  - доля высоты неровностей, создаваемая шероховатостью режущей кромки;  $H_{упр}$  - доля высоты неровностей, образующаяся при упругом восстановлении металла;  $H_{цар}$  - доля высоты неровностей, создаваемая царапанием обработанной поверхности стружкой;  $H_{ж}$  - доля высоты неровностей, создающаяся при недостаточной жесткости системы "станок-инструмент-изделие".

Качество обработанной поверхности определяется шероховатостью и физико-механическими свойствами поверхностного слоя детали. При этом Безъязычный В.Ф. и Макарова С.В. считают шероховатость одним из основных показателей, определяющих работу любого соединения и (наряду с экономическими показателями) эффективность используемого инструмента.



# УВЕЛИЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

*Д.Г. Голдун*

При обработке деталей на станках с ЧПУ управляющие программы (УП), разработанные вручную или с использованием САМ систем, как правило, не учитывают изменение фактической траектории движения инструмента и качества обработанной поверхности в результате действия силы резания, динамической силы в момент изменения направления движения инструмента, вибраций и других факторов. Это приводит к тому, что чистовые переходы совершаются с существенно меньшей производительностью, чем это позволяет инструмент. Уменьшить вредное влияние этих факторов и, следовательно, увеличить производительность, возможно за счёт изменения параметров режима резания и траектории движения инструмента на стадии проектирования УП.

Данную задачу возможно решить с помощью коррекции УП, сформированной на основе теоретической траектории до её выполнения на станке. Предлагается выполнять коррекцию в три этапа.

На первом этапе минимизируют динамические силы, возникающие при изменении направления перемещения инструмента. Для этого проверяют, способен ли станок перемещать инструмент по заданной траектории на заданных значениях величины подачи, не превышают ли силы, возникающие при этом, допустимых величин. В случае, если силы оказываются выше допустимых, корректируют УП: изменяют значения величины подачи, выполняют необходимые торможения и точные подходы к заданным точкам. При обходе острых и прямых углов траекторию модернизируют таким образом, чтобы предотвратить торможение – выполняют обход по петле.

Далее проверяют стабильность процесса обработки – наличие или отсутствие вибраций. В качестве основы для этой проверки можно использовать диаграммы стабильности, отражающие связь условий обработки с частотой вращения шпинделя. Если в данной точке траектории обнаружены вибрации, то изменяют один из элементов режима резания: подачу, глубину резания, ширину фрезерования или частоту вращения шпинделя.

Далее определяют фактическую траекторию перемещения инструмента по УП и вычисляют ее отклонение от теоретической траектории, обусловленное деформацией технологической системы. Вычитая это отклонение из теоретической траектории, получают новую траекторию перемещения инструмента, которая обеспечит получение годной детали.

Таким образом, коррекция УП на стадии ее проектирования позволит сократить время на отработку технологии изготовления детали и повысить точность обработки при нормативных режимах резания.



# О ПОВЫШЕНИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ НЕРАВНОМЕРНОГО И ПРЕРЫВИСТОГО РЕЗАНИЯ

*В.А. Залого, Е.В. Бирченко, Д.Е. Собокарь*

В современной промышленности существенное место занимает обработка деталей с прерывистыми и неравномерными поверхностями. К ним относятся обработка направляющих аппаратов насосов, обтачивание валов с различными пазами, обработка фрезерованием и т.п.

Прерывистая обработка связана с переменными условиями резания. Силы резания, напряжения в инструментальном и обрабатываемом материалах изменяются циклически, контакт с заготовкой непостоянен, в момент врезания инструмента наблюдается удар. При прерывистой резании значительно возрастает вероятность усталостного разрушения режущей кромки или вершины лезвия (внезапный отказ) вследствие увеличения уровня возникающих вибраций, связанных с неравномерными динамическими нагрузками в моменты входа лезвия в контакт с заготовкой и выхода из него.

Уменьшить интенсивность разрушения инструмента и вероятность его внезапного отказа при прерывистом резании можно регулированием режима нагружения лезвий путем изменения их геометрических параметров, в частности переднего угла  $\gamma$  и угла наклона главной режущей кромки  $\lambda$ .

В зависимости от знаков этих углов контакт лезвия со срезаемым слоем с одними и теми же параметрами (толщиной среза,  $a$  и глубиной резания  $t$ ) может начинаться: в вершине при  $\lambda < 0$ ,  $\gamma > 0$  (а); в любой точке режущей кромки на некотором расстоянии от нее при  $\lambda > 0$ ,  $\gamma > 0$  (б); в любой точке передней поверхности при  $\gamma < 0$ . Контакт может быть линейным при  $\lambda = 0$  и  $\gamma \neq 0$  (в) или при  $\lambda \neq 0$  и  $\gamma = 0$  и поверхностным при  $\lambda = 0$  и  $\gamma = 0$ .

При правильном выборе параметров геометрии инструмента существует вероятность повышения его работоспособности в несколько раз. В предыдущих исследованиях, выполненных в программе T-Flex, была найдена конструкция резца, которая при обработке трапецеидального паза является оптимальной. Для точения вала с трапецеидальным пазом оптимальными геометрическими параметрами резца являются:  $\gamma = +(20...25)^\circ$ ,  $\varphi = (60...75)^\circ$ ,  $\lambda = +(25...30)^\circ$ .

Для подтверждения результатов компьютерного моделирования были выполнены экспериментальные исследования с использованием стандартных резцов и резца с оптимальной геометрией, которые подтвердили сделанные на основе виртуальной модели выводы.



**ПРИКЛАДНА  
ГІДРОАЕРОМЕХАНІКА**



# УТИЛІЗАЦІЯ ЕНЕРГІЇ ВИКИДНОЇ ПАРИ КОТЕЛЬНОЇ 5-ОЇ КЛІНІЧНОЇ ЛІКАРНІ М.СУМИ З МЕТОЮ ЗАОЦАДЖЕННЯ ТЕПЛА

*С.С. Антоненко, Г.С. Зубарева*

В результаті проведення енергоаудиту системи паропостачання 5-ї клінічної лікарні м.Суми було виявлено надлишкове (в порівнянні з фактичними потребами) виробництво пари, що складає 63%. Отже більше половини кількості пари в процесі здійснення технологічної обробки білизни викидається в навколишнє середовище. Тепло цієї пари пропонується утилізувати.

Технологічний цикл виробництва і використання пари наступний. Підготовка пари в котельні здійснюється двома котлами марки «Е-1,0/9-Г». Після технологічного процесу обробки білизни до котельні повертається конденсат від повітропарових калориферів сушильних барабанів та від прасувального катка, а також насичений пар, що не був використаний. Вологий пар надходить до відкритого конденсаційного баку, де конденсується при атмосферному тиску. Вторинний пар, що утворюється в процесі кипіння конденсату, викидається в атмосферу, а отриманий конденсат за допомогою насосів подається до баку живильної води, де змішується з холодною хімочищеною водою і повертається до котлів.

Бойлер для підігріву води на гаряче водопостачання, що встановлений на території котельні, живиться теплофікаційною водою від централізованого опалення лікарні. Пропонується на період часу роботи котельні (протягом 6 годин) зайву пару використовувати в якості теплоносія у пароводяному водопідігрівачі, що встановлюється на шляху зворотного паропроводу перед конденсаційним баком, а відбір теплофікаційної води з зовнішньої тепломережі на цей час відключити. По закінченню добової роботи котельні (при відключенні котлів) відбувається переключення на бойлер, що живиться від тепломережі. Такий захід значно зменшить витрати на централізоване опалення лікарні, утилізує невикористану пару і водночас задовольнить існуючі потреби у гарячому водопостачанні.

Пропонується удосконалення конструкції конденсаційного бачка, в результаті чого зменшиться кількість викиду пари в атмосферу, поліпшиться температурний режим живлення котлів, а також зменшаться витрати на хімочищення води.

Запропоновані вище заходи мають деяку реалізацію на інших об'єктах місцевих котелень, де протягом неопалювального періоду підготовка води на гаряче водопостачання здійснюється не водогрійною котельнею, а пароводяним підігрівачем, відпуск гарячої води відбувається зекономленими коштами. Запропонований проект можна вважати типовим для парових котельних зі значним поверненням невикористаної пари.



# РАЗРАБОТКА СТОЧНОМАССНОГО СВОБОДНОВИХРЕВОГО НАСОСА ПОВЫШЕННОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ

*А.В. Герман, В.Ф. Герман, А.Г. Гусак*

Свободновихревые насосы (СВН) отличаются от обычных центробежных насосов схемой проточной части и механизмом передачи энергии жидкости. Благодаря наличию свободной камеры перед рабочим колесом (р.к.) они обладают рядом преимуществ по сравнению с центробежными насосами. К основным из них можно отнести малую чувствительность к закупориванию перекачиваемым продуктом, минимальное его повреждение, надежность работы при гидротранспорте жидкостей с волокнистыми включениями, возможность перекачивания крупных включений с размером до 0,8 диаметра напорного патрубка. Основным недостатком СВН является их сравнительно низкая экономичность, которая в зависимости от конструктивного типа и размеров насоса составляет 35-58%. Наиболее приемлемой конструкцией по экономичности и надежности работы при перекачивании жидкостей с твердыми и волокнистыми включениями является конструктивная схема Туро.

При оценке эксплуатационных качеств СВН малой и средней мощности первостепенное значение приобретают такие показатели как надежность и износостойкость, а величина к.п.д. становится второстепенной. Однако в насосах большой мощности ( $N > 250$  кВт) уровень к.п.д. становится более существенным, т.к. в значительной степени влияет на эксплуатационные издержки, в частности затраты на электроэнергию. Поэтому при разработке СВН большой мощности, необходимо искать пути повышения их экономичности, т.к. повышение уровня к.п.д. СВН даже на 1% дает ощутимую экономию затрат на электроэнергию.

К настоящему времени накопилась значительная информация по исследованию СВН, которая показала, что подача насоса определяется в основном размерами отвода, напор и к.п.д. — геометрическими соотношениями р.к. Обзор также показывает, что основными факторами, влияющими на характеристики насоса, являются относительная ширина лопатки р.к.  $\bar{b}$  ( $\bar{b} = b / D_2$ ,  $D_2$  - наружный диаметр р.к.), число лопаток  $Z$  и относительная толщина лопатки  $\bar{\delta}$  ( $\bar{\delta} = \delta / D_2$ ). Однако имеющиеся в литературе рекомендации по выбору оптимальных значений этих параметров отличаются значительным разбросом. Таким образом, одним из основных путей повышения экономичности СВН является совершенствование геометрии его р.к.

Для определения оптимальных геометрических соотношений размеров р.к. и соответственно повышения экономичности насоса планируется применить метод планирования эксперимента по ранее проведенным экспериментальным исследованиям и провести анализ существующих р.к. СВН повышенной экономичности.



# АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ТЕЧЕНИЯ В СВОБОДНОВИХРЕВОМ НАСОСЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО КОЛЕСА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСА

*В.Ф. Герман, А.Н. Кочевский*

В работе выполнено исследование влияния геометрических параметров свободновихревого насоса типа "Turo" на его характеристики. В частности, исследовано влияние относительной толщины лопатки рабочего колеса, ширины лопатки и их числа, а также влияние подрезки рабочего колеса по наружному и внутреннему диаметрам и по ширине, выдвижения рабочего колеса в свободную камеру, и влияние угла установки лопаток рабочего колеса.

Экспериментальное исследование состояло в получении энергетических характеристик насоса при различных геометрических конфигурациях элементов его проточной части. Кроме того, для одной геометрической конфигурации было проведено зондирование потока в трех различных сечениях свободной камеры насоса. Показано, в частности, что характер распределения скоростей в свободной камере мало изменяется при изменении подачи насоса, и что окружная скорость вращения жидкости в свободной камере на некоторых участках превышает окружную скорость вращения рабочего колеса. Была также выполнена визуализация линий тока жидкости у стенок рабочего колеса и свободной камеры путем нанесения на эти стенки слоя свежей краски с последующим фотографированием картины ее смыва.

Расчетное исследование состояло в численном решении уравнений Рейнольдса, и было выполнено с помощью одного из современных коммерческих пакетов. Получено хорошее согласование расчетных и экспериментальных результатов, как по картине течения на различных подачах, так и по интегральным характеристикам.

В результате исследования получена геометрическая конфигурация проточной части насоса, обеспечивающая наиболее высокий КПД. Для насоса с подачей 60 м<sup>3</sup>/ч и напором 20 м наивысший КПД (расчет – 54%, эксперимент – 51.5%) достигнут при относительной ширине лопатки 0.2, числе лопаток 10 и относительной толщине лопатки 0.011. Сделаны выводы об эффективности различных способов регулирования рабочего колеса. Показано, в частности, что среди способов подрезки рабочего колеса эффективными являются подрезка по наружному диаметру и ширине, позволяющие существенно уменьшить напор и оптимальную подачу насоса при сохранении довольно высокого КПД. Напор насоса можно повысить более чем на 10%, выдвигая рабочее колесо внутрь свободной камеры.



# ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОГРУЖНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ПЕРЕКАЧКИ НЕФТЕСОДЕРЖИМЫХ ЖИДКОСТЕЙ

*А.Н.Гулый, А.А.Шепеленко*

Скважинные центробежные электронасосные агрегаты, применяемые для добычи нефтесодержащих жидкостей, в большинстве своем имеют электрический асинхронный привод с частотой вращения 3000 об/мин. Поскольку в связи с высокими потребными напорами и ограниченным наружным диаметром число ступеней таких насосов измеряется многими сотнями, а общая длина агрегатов – десятками метров, они дороги, громоздки, имеют малые ресурс и надежность.

Одним из путей повышения технического уровня скважинных насосных агрегатов является повышение частоты вращения, реальная возможность чего появилась в последние годы и связана с радикальным повышением надежности и снижением цены электронных преобразователей частоты, предназначенных для питания высокооборотных асинхронных электродвигателей.

Эффективность такого пути проанализирована на примере установки погружных электронасосных агрегатов с суточной подачей 1600 м<sup>3</sup> и напором 500 м. Был выполнен эскизный расчет трех вариантов: 1 (базовый, 3000 об/мин), высокооборотный 2 (6000 об/мин) и высокооборотный 3 (9000 об/мин). Число ступеней в этих трех случаях составляет, соответственно, 168, 42 и 20, а длина насосной части – 9,5 м, 3 м и 1,6 м.

Насосная часть варианта 3 выглядит наиболее перспективно. Уменьшение числа ступеней в 8 раз дает возможность при одновременном снижении себестоимости применить более дорогие материалы и конструктивные решения, повышающие ресурс и надежность несмотря на повышение скоростей. Однако разработка и промышленное производство погружного асинхронного двигателя на такие частоты вращения в настоящее время испытывает определенные затруднения.

Оптимальным на данном этапе следует считать вариант 2 (6000 об/мин), как компромиссный, сочетающий в определенной степени преимущества высокооборотного насоса с умеренным объемом новых технических проблем, связанных с необходимостью решения вопросов динамики, износа, надежности опор и уплотнений.



# СТВОРЕННЯ ВІДЦЕНТРОВОЇ СТУПЕНІ ЗАНУРЮВАЛЬНОГО НАСОСА ДЛЯ ВИДОБУТКУ НАФТИ З МАЛОДЕБІТНИХ СОЛЕВІДКЛАДАЮЧИХ СВЕРДЛОВИН З ВИСОКИМ ВМІСТОМ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК

*О.В. Єлін, А.О. Туча*

Нафтогазовий комплекс України та країн СНД має значну потребу в занурювальному насосному обладнанні для видобутку нафти з малодебітних свердловин із внутрішнім діаметром менш ніж 150 мм. Традиційно з цією метою використовуються імпорتنі насоси типу ЕВН з відцентровими робочими органами, що пристосовані до видобутку “чистої” нафти. У той же час умови експлуатації установок ЕВН зазвичай ускладнюються додатковими факторами: випадінням парафіну та відкладанням солей на робочих органах, значною кривизною свердловини, підвищенням вмістом механічних домішок, газу та сірководню у нафті, що відкачується. У результаті спостерігається частий зрив параметрів насоса та швидкий вихід обладнання зі строю.

Окрім того, умови роботи насоса типу ЕВН у нафтовій свердловині визначають малі діаметральні габарити установок. Разом з тим величини напору досягають 2500 – 3000 м, в наслідок чого кількість ступенів, якими комплектується насос, нараховує сотні штук. Велика довжина, значна вага та необхідність у виготовленні великої кількості ступенів ставлять перед розробниками завдання вдосконалення насосів у напрямку зменшення їх масогабаритних характеристик та спрощення технології виготовлення.

Одним з напрямків вирішення вказаних проблем може стати застосування у вказаних насосах напіввідкритих чи відкритих робочих колес по типу “Іванова-Доброхотова”. Для додаткового підвищення напору ступені та покращення форми напірної характеристики на подачах менших за оптимальну пропонується на периферії зовнішньої поверхні основного диску колеса розміщувати вихоровий венець у вигляді прямих радіальних лопаток.

Для перевірки наведеної гіпотези була спроектована ступінь з напіввідкритим відцентровим колесом з прямими радіальними лопатями та вихоровим вінцем на основному диску на подачу 20 м<sup>3</sup>/доб для застосування у насосі для видобутку нафти із зовнішнім діаметром корпусу 80 мм.

У подальшому планується проведення чисельного експерименту із застосуванням сучасних пакетів програм для дослідження структури потоку та знаходження робочих характеристик ступені.



# АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОТОРОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ С КОМБИНИРОВАННЫМИ ОПОРНО-УПЛОТНИТЕЛЬНЫМИ УЗЛАМИ НА СТАЦИОНАРНЫХ И ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ

*А.Н. Зубахин*

Симметричное расположение рабочих колес в центробежном насосе, известное как "спина к спине" или "двойной вход" в одноступенчатом варианте - эффективный способ разгрузки действующих на них осевых сил. Остаточные осевые силы, как правило, воспринимаются механическими упорными или опорно - упорными узлами. В насосах с комбинированными опорно - уплотнительными узлами, в которых функции радиальных опор выполняют щелевые уплотнения проточной части, используются гидростатические способы разгрузки остаточных осевых сил. В известных источниках анализ такой разгрузки выполнен без учета влияния радиальной составляющей скорости потока в пазухах ступени на окружную составляющую, в предположении, что рабочая среда вращается в пазухах с частотой, равной половине частоты вращения ротора. При проектировании крупных высокооборотных машин такие допущения представляются неприемлемыми. Ниже приведены результаты расчета осевых силовых характеристик проектируемого двухступенчатого центробежного насоса для повышения пластового давления с подачей  $180 \text{ м}^3/\text{час}$ , напором  $1050 \text{ м}$  и частотой вращения  $12\,000 \text{ об/мин}$ .

Ротор насоса со стороны привода центруется однорядной пластинчатой муфтой, которая является жесткой в радиальном направлении и податливой в осевом и угловом направлениях (т.е., фактически этот конец ротора опирается на вал привода). С противоположной стороны функции опор выполняют щелевые уплотнения - два передних и одно межступенное. Для разгрузки радиальных сил предусмотрены двухзаходные спиральные отводы. Для разгрузки осевых сил рабочие колеса установлены на роторе симметрично. Для разгрузки остаточных осевых сил, обусловленных входным подпором и технологической асимметрией, на выходе передних уплотнений предусмотрены торцовые зазоры и небольшие разгрузочные камеры.

При осевом смещении ротора происходит перераспределение давления в разгрузочных камерах, благодаря чему возникают гидростатические осевые силы, направленные против смещения. Кроме того, происходит перераспределение окружной составляющей скорости жидкости и давления в передних пазухах, усиливающее этот эффект. Осевые силы, действующие на все остальные поверхности, взаимно компенсируются, за исключением составляющей от подпора на входе насоса.



Крутка потока на нижнем радиусе, непосредственно перед щелевыми уплотнениями, при различном смещении ротора изменяется от 0,5 до 0,61.

Значение 0,5 при отсутствии радиальной составляющей течения естественно. Значение 0,61 при наличии радиальной составляющей течения в пазухе свидетельствует об определенном перераспределении поля давлений (рис. 4), которое влечет за собой появление осевой силы гидростатической природы, стремящейся вернуть ротор в центральное положение.

Величина расчетной зависимости суммарной осевой силы от осевого смещения ротора достаточна для уравнивания остаточных осевых сил в насосе.

Еще более существенное влияние исследуемого процесса выявлено при анализе демпфирующей составляющей осевой силы. Поскольку осевые упругие и демпфирующие силы существенно нелинейны по отношению к вызывающему их осевому движению, найденные коэффициенты осевой жесткости и осевого демпфирования.

Вычисленные силовые характеристики являются основой для расчетов динамики осевого движения ротора насоса

Кроме того, в результате данного расчета становятся известными перепады давления и входная крутка потока на щелевых уплотнениях, по которым вычисляются их динамические параметры. Эти параметры для каждой стороны в отдельности изменяются от нуля до максимального значения при соответствующем изменении зазора  $Z$  и перепада давления от нуля до максимума. Суммарные же для двух радиальных уплотнений жесткость и демпфирование достигают максимума в среднем осевом положении ротора. Динамические коэффициенты, в свою очередь, определяют радиальную составляющую динамики ротора.

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ

*С.С.Антоненко, Е.С.Сердюк*

Ефективність спалювання палива залежить від ступені використання теплоти, що виділяється при горінні. Як правило, з відхідними газами втрачається 60÷70% та більше теплоти, що виділилась при горінні. Підвищити ефективність використання тепла можна шляхом покращення ККД установок і, внаслідок цього, підвищення ефекту процесу згоряння, та утилізації теплоти відхідних газів.

На підприємстві ВАТ СМНВО ім. Фрунзе в термічному цеху з нагрівальними печами не використовуються технології відбору теплоти від продуктів згоряння, що викидаються. А поруч на об'єктах для систем опалення та гарячого водопостачання витрачається теплова енергія з котельної, паливом якої являється природний газ. Нами запропонований проект, що передбачає



використання тепла димових газів для повітряного опалення цеху, який знаходиться поруч з термічним.

Теплообмін між продуктами згоряння та повітрям будуть здійснюватись в повітропідігрівнику рекуперативного типу. Цей теплообмінник буде розміщено на лінії газоходів в місці максимальної кількості димових газів та близької до максимальної тяги. Циркулювати теплоносій буде вентилятор, потужність якого вибирається в залежності від необхідного повітрообміну приміщення та опору повітроводів. В проекті передбачений контроль за температурою підігрітого повітря, що подається в приміщення, щоб виключити можливість дискомфорту працівників на своїх робочих місцях.

При стабільній роботі нагрівальних печей, енергії відхідних газів вистачить для теплової потужності системи повітряного опалення, що дозволить повністю відмовитись від традиційного водяного опалення.

За попередньою оцінкою використання теплоти відхідних газів дозволяє значно скоротити споживання природного газу.

## ПРЯМОТОЧНЫЙ КЛАПАН БУРОВОГО ПОРШНЕВОГО НАСОСА †

*А.С.Игнатъев, И.А. Лозовецкий*

Буровым поршневым насосам приходится работать в тяжелых условиях, так как перекачиваемые жидкости часто содержат твердые включения. Это вызвало появление различных элементов у рабочего клапана, которые призваны сделать его работу более гибкой. Встречаются тарельчатые клапаны с обрешиненной тарелкой, с гибким направляющим элементом. Эти элементы позволяют герметизировать клапан в случае попадания твердых включений.

Одним из направлений повышения незабываемости клапанов может быть применение прямоточных клапанов. Такие клапаны широко применяются в компрессоростроении. Они представляют собой седло с примыкающей к нему упругой пластикой. Ограничение подъема клапана осуществляется с помощью ниши с клиновидным скосом, куда отгибается пластина при открытии клапана. Профиль клиновидного скоса близок к профилю пластины, изогнутой давлением среды. По опытным данным эквивалентная площадь прямоточных клапанов в 2-2,5 раза больше, чем у кольцевых или тарельчатых. Прямоточный клапан для буровых насосов отличается тем, что в качестве запорного элемента применен круглый диск соединенный с седлом с помощью гибких, пружинящих элементов. При открытии такого клапана, в случае прохождения твердых частиц, зазор между седлом и клапаном может быть клиновидным. Это позволяет при сохранении средней скорости течения через щель увеличить максимальный зазор, чтобы облегчает проход твердых включений через клапан. Кроме этого, при прохождении через клиновидную щель коэффициент расхода выше, чем через кольцевую щель. Характер



движения клапана определяется углами запаздывание открытия и закрытия. Определение углов запаздывания производится с учетом явления Вестфала, которое устанавливает связь между скоростью подъема клапана, его площадью и углом запаздывания открытия клапана. При использовании клапан с гибким направляющим элементом, когда щель между седлом и клапаном имеет клиновидную форму, площадь сечения клапана в направлении, перпендикулярном к оси седла, меньше чем у клапана с жестким штоком. Следовательно, клапан с гибкими направляющими должен иметь меньшие углы запаздывания открытия и закрытия.

## СОВМЕСТНАЯ РАБОТА ВЫСОКОРАСХОДНОГО РАБОЧЕГО КОЛЕСА ЦЕНТРОБЕЖНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ СТУПЕНИ С ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ ЛОПАТКАМИ И ЛОПАТОЧНОГО ДИФFUЗОРА

*А.Н.Нефедов, С.М. Ванев, С.И. Наконечный*

Обзор существующих литературных источников относительно организации структуры потока в ступени центробежного компрессора с колесом, имеющем лопатки пространственной формы, показал недостаточную изученность данного вопроса. Так в частности нет достаточно убедительных сведений о форме и структуре потока по ширине канала за рабочим колесом. Однако есть основание предположить наличие значительной неравномерности потока по ширине канала даже на относительно большом удалении от выходного сечения колеса ( $D=(1.8\div 2.2)\cdot D_2$ ). Поэтому при использовании в ступени лопаточного диффузора стандартной для отечественного компрессоростроения конструкции с образующими параллельными оси колеса, на входе в диффузор возможно получение высоких значений местных по ширине диффузора углов атаки, что, в конечном счете, должно ощутимо сказаться на характеристике всей ступени.

Предполагается исследовать конструкцию диффузора, имеющего лопатки пространственной формы с изменяющимся по ширине канала углом входа, рассчитанным на оптимальную согласованность при работе с пространственным колесом. Форму лопаток предварительно спроектированного диффузора предполагается оптимизировать с помощью программного комплекса для расчета вязкого трехмерного течения совершенного газа «FlowER» и провести экспериментальную апробацию полученных результатов на базе аэродинамического стенда АД-400 АО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе» для модельных испытаний. В настоящий момент времени идет конструкторская доработка модельного стенда для испытаний высокорасходных ступеней.



# ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДОГРЕВА ВОДЫ В ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНАХ

*Ю.Я.Марченко, Ю.Я.Ткачук*

Плавательные бассейны в настоящее время являются не самым рациональным потребителем тепловой энергии, так как подогретую воду из бассейна периодически сливают в канализацию и, тем самым, теряют тепло, затраченное на подогрев воды в бассейне.

Проведен обзор различных схем питания бассейнов подогретой водой.

На некоторых интернетсайтах найдены энергосберегающие технологии утилизации тепла, уносимого водой при сливе в канализацию. Анализ этих технологий показывает перспективность попыток использования низкопотенциального тепла сливных вод.

Одним из возможных путей утилизации тепла сливных вод плавательных бассейнов является использование различных схем с тепловыми насосами с двумя или одним контуром.

Тепловой насос в данном случае представляет собой как бы обращенный холодильный цикл со всеми элементами: испарителем, конденсатором, теплообменниками, регулирующей аппаратурой и т.д.

В результате анализа существующих схем предложена оригинальная схема и некоторые возможные ее варианты. Проведены расчеты, подтверждающие возможность использования низкопотенциального тепла сливных вод плавательных бассейнов в энергосберегающих технологиях.

Построены соответствующие графики и приведены расчетные зависимости, которые могут быть использованы при расчетах различных схем.

К сожалению, и в технической литературе, и на интернетсайтах недостаточно данных для практического использования приводимых там расчетных зависимостей. Поэтому приходится применять экстраполяцию, что снижает точность и достоверность расчетов.

В настоящее время происходят накопление экспериментальных данных по утилизации сливных вод из бассейнов, что, по нашему мнению, со временем позволит разработать практические методики для определения энергосберегающего эффекта при использовании тепла сливных вод плавательных бассейнов.

Собранные материалы по энергосберегающим технологиям подогрева воды в плавательных бассейнах использованы для выполнения индивидуального задания на период преддипломной практики.



# АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Ю.Я.Ткачук

Целевая функция энергопотребления еще не нашла широкого применения для анализа энергоэффективности оборудования и технологических процессов. Объяснить это можно недостаточной организацией энергоменеджмента на предприятиях Украины, отсутствием так называемых энергоучетных центров (ЭУЦ) и квалифицированных специалистов для ведения учета потребляемой энергии каждой единицей энергопотребляющего оборудования.

В общем виде целевую функцию энергопотребления можно представить корреляционной зависимостью вида

$$E = E_0 + aV,$$

где  $E_0$  – непроизводственное энергопотребление (на освещение помещений, отопление, вентиляцию, бытовые потребности работающих);

$V$  – объем продукции, выпущенной в соответствии с затратами энергии;  
 $a$  – тангенс угла наклона прямой, описывающей целевую функцию.

Составляющая  $aV$  представляет собой производственное энергопотребление  $E_n$  и тогда выше приведенное выражение можно представить в виде

$$E = E_0 + E_n$$

Оптимизировать энергопотребление можно двумя способами – либо минимизируя  $E_0$  (например, сокращая количество работающих до нормативных значений в соответствии со штатным расписанием, повышая уровень механизации и автоматизации, используя специалистов более высокой квалификации и т.д.), либо используя энергосберегающие технологии, уменьшающие  $E_n$ .

Поскольку целевая функция аппроксимирует опытные значения энергопотребления, то по разбросу этих точек можно судить о работе энергопотребляющего оборудования.

Например, если "коридор" разброса опытных точек  $2\Delta E$  превышает  $\pm 5\%$  от  $E_n$  можно говорить о неритмичности энергопотребления, связанной с плохой организацией энергоменеджмента.

Если коэффициент  $a$  при  $V$ , увеличился по сравнению с предыдущим периодом - значим в целом производственное энергопотребление на единицу производственной продукции возросло. А это очень тревожит симптом – возросла энергоемкость продукции. И наоборот, при уменьшении  $a$  – снижение энергоемкости, а значит и повышение конкурентоспособности продукции. Перечисленными примерами не исчерпываются возможности анализа целевой функции.



# РОЗРОБКА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ТЕПЛОГЕНЕРУЮЧОГО АПАРАТА ДЛЯ СПИРТОВОГО ВИРОБНИЦТВА

*І.П.Каплуц, С. Ф.Ковальов, А.А.Папченко*

На сьогоднішній день велика кількість галузевої промисловості працює за технологією старого зразка з використанням такого ж обладнання та устаткування, яке на даний момент застаріло як фізично, так і морально.

Існуюче сьогодні будувється на умовах ринкової економіки, яка вимагає від будь-якого виробництва максимального здешевлення продукції, не знижуючи при цьому її якості. У вказаному контексті найбільш пріоритетним напрямком є пошук шляхів по енергозбереженню, тобто зменшення енерговитрат на виробництво одиниці продукції. Даний напрямок містить у собі впровадження у виробництво менш енергоємного устаткування, а також пошук нових технологій виробництва, що відрізняються меншими витратами енергії, не погіршуючи при цьому якісних і кількісних показників існуючих і діючих видів технологій.

Типовим прикладом вищеописаного виробництва є виробництво етилового спирту, попит якого завжди був на високому рівні як в нашій країні так і за кордоном (і ця тенденція йде на зростання, зокрема в країнах, де впроваджують для автомобілів спирт в якості палива). Технологія виробництва спирту на даний момент часу в Україні має високі й невиправдані енерговитрати. При цьому, треба зазначити, що в нашій державі зосереджено 80 спиртових заводів, тому очевидним є необхідність реформування вказаного виробництва.

Вітчизняні спиртові заводи працюють за давно сталою схемою виробництва. Основні елементи технології можна виразити у вигляді чотирьох великих блоків, які умовно назовемо «Розварювання», «Оцукровування», «Зброджування» й «Виділення спирту».

Рядом вчених (М.С.Шульманом, Б.А.Устинниковим, М.Т.Полуяновой, С.І.Громовим та іншими), працюючих в галузі виробництва спирту, був зроблений дуже важливий та обґрунтований висновок: кількісні показники спирту, а також енерговитрати на його виробництво в значній мірі залежать від якості проведення саме першого етапу – «Розварювання». Структура цього етапу, визначається рядом почергово виконуваних процесів: перша стадія – це сухе подрібнення сировини; друга – змішування зернової крупки з водою; третя – підварювання отриманого замісу; четверта стадія – це розварювання підвареної маси й стадія п'ята – видування розвареної маси.

На якісні й кількісні показники вихідного спирту значно впливає саме стадія подрібнення. Теоретичні розробки даного напрямку вказують на те, що при тонкому подрібненні, що зачіпає цілість крохмальних зерен, можна проводити розварювання при температурі не вище 100 °С та збільшити вихід



спирту. У цьому випадку значно знижується витрата тепла на розварювання, і створюються безпечні умови роботи, тому що заміс розварюється при атмосферному тиску. Як практичний доказ ефективності впровадження змін саме на першому етапі виробництва, можна привести досвід роботи спиртових заводів Російської Федерації (зокрема ТОВ «Бигор» і ТОВ «Фирма «Етна» (Москва)), де успішно впроваджений у виробництво так званий роторно-пульсаційний апарат (РПА), що істотно зменшив енерговитрати виробництва спирту, збільшивши при цьому кількісні і якісні показники кінцевого продукту.

Враховуючи вищенаведені заключення, нами пропонується схема, що приводить до реформації існуючої технології виробництва етилового спирту, заснована на одержанні проміжного продукту – підвареного замісу, – маючого високу однорідність по всьому об'єму й значно менший, у порівнянні з існуючим, гранулометричний склад. Про виконання даного принципу можна говорити при використанні гідроподрібнення замісу, що має потребу в попереднім замочуванні сировини.

Один з варіантів, що забезпечує реалізацію нової ідеї – це впровадження багатofункціонального теплогенеруючого апарата (ТГА) – принципово нова машина, що включає в собі ряд функцій, які дозволяють забезпечити виконання декількох стадій технологічних процесів: подрібнення, перемішування, підігрів та прокачування. «Стара» схема має потребу в роздільному підході до кожної стадії виробництва, використовуючи для кожної власні машини й установки, що значно ускладнює технологічний процес виробництва спирту. Більш того, впроваджуваний ТГА відрізняється не тільки з'єднанням у собі декількох стадій процесу виробництва, але й збільшенням якості вихідного продукту розглянутих стадій технології виробництва спирту, що в остаточному підсумку дозволяє в значній мірі знизити енерговитрати виробництва в цілому. Тому ТГА має економічний ефект, що проявляє себе не тільки в зниженні енерговитрат на виробництво, але й у збільшенні кількісних й якісних показників кінцевого продукту виробництва – спирту.

Принципова відмінність машини полягає в застосуванні гідроподрібненні сировини, зокрема – зерна. Цей підхід дозволяє забезпечити не тільки дрібнодисперсність фракції, але й однорідність гранулометричного складу замісу. Саме ці параметри проміжного продукту (замісу) сприяють серйозному здешевленню подальших етапів виробництва. Так в існуючих схемах на наступній стадії технологічного процесу, розварювання підвареної маси, необхідно довести заміс до температури 135 – 140°C, що спричиняє величезні енерговитрати. У нашому ж випадку, саме за рахунок високого диспергування й гомогенізації замісу температура необхідна для проведення процесу розварювання не перевищує 95°C, що можливо забезпечити при атмосферному тиску, знижуючи при цьому витрати енергії й підвищуючи безпеку процесу.



# ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕЧІЇ В МАЛОГАБАРИТНІЙ ОСЬОВІЙ СТУПЕНІ

*І.П. Каплун, О.М. Кочевський*

У даний час в нафтогазовому комплексі України в зв'язку з інтенсифікацією видобутку нафти спостерігається постійно зростаюча потреба у високоефективному свердловинному гідродинамічному насосному обладнанні для підйому на поверхню пластових рідин у систему підтримки пластового тиску. Створена на кафедрі прикладної гідроаеромеханіки малогабаритна осьова ступінь свердловинного насоса має ряд переваг перед традиційно використовуваними відцентровими та діагональними ступенями і може розглядатися як альтернатива їм при створенні заглибного устаткування. Перешкодою широкому впровадженню і використанню на практиці вказаної ступені є нестабільна форма кривої залежності напір-витрата, характерна для усіх осьових турбомашин.

Для вирішення вказаної проблеми необхідно мати чітке уявлення про особливості взаємодії лопатевої ґратки з потоком при здійсненні робочого процесу у даній конструкції. Тільки у такому випадку можливо розвинути її у потрібному напрямку, щоб, з одного боку, не зменшити існуючі переваги, а з другого – звести до мінімуму недоліки.

Зважаючи на відносно малі габарити і складність процесів, що протікають у каналах досліджуваної ступені, для отримання картин течії у ній було вирішено використати один з провідних пакетів програм для чисельного моделювання.

Першим етапом при проведенні чисельного моделювання у вказаному програмному продукті є підготовка вихідних даних для розрахунку – створення твердотільної геометричної моделі, що імітує об'єм рідини в проточній частині, всередині якого відбуваються досліджувані процеси. Цей етап є доволі проблематичним – форма каналів часто досить складна, і відповідальним – від якості створення геометричної моделі залежить як трудомісткість, так і точність розрахунків. Зважаючи на деяку специфічність досліджуваної ступені, у даному випадку був використаний продукт 3D геометрії Solid Works.

Особливістю вибраного пакету є те, що в розрахункову область можна включати лише по одному міжлопатевому каналу робочих органів турбомашини, припускаючи, що в інших каналах течія періодично повторюється. Таке рішення дає змогу значно економити ресурси ЕОМ. Зважаючи на те, що число лопатей у робочому колесі і статорному апараті не є кратним, для розрахунку використовувались один і два канали відповідно.

Далі створена геометрична модель передається в спеціальний засіб для побудови розрахункової сітки. Побудова сітки – це процес розбиття розрахункової області на окремі елементи – комірки, які є багатогранниками



різної форми. Кромки цих багатогранників утворюють лінії сітки, а точки, що знаходяться у їх центрі – вузли сітки, у яких і відбувається визначення параметрів потоку в результаті розрахунку.

Основними вимогами до розрахункової сітки є її достатня густота для адекватного урахування фізичних ефектів, які відбуваються у розрахунковій області і відносна однорідність, без занадто спотворених (витягнутих або перекошених) комірок, форма яких сильно відрізняється від правильних багатогранників. Якщо такі елементи все ж таки мають місце, вони негативно вплинуть на отримання рішення, що збігається.

Наступним етапом є задання граничних умов на поверхнях, що обмежують геометричну модель. Для цього використовується окремий програмний продукт. Як правило, на усіх твердих стінках задається умова прилипання (швидкість дорівнює нулю). Течія у робочих органах, що обертаються, розглядається у відносній системі обліку, тому на корпусі над робочим колесом досліджуваної малогабаритної осьової ступені задавалося, що тверда стінка обертається у протилежному напрямі. Тоді у абсолютній системі відліку вона буде нерухомою.

На вході в досліджувану розрахункову область задавалась масова витрата, а на виході статичний тиск. Крім того, тиск у всіх підобластях визначатиметься як надлишковий над атмосферним.

Далі проводиться запис заданих вихідних даних для розрахунку у файл і передача його у програмний засіб, що безпосередньо здійснює розрахунок. Даний програмний продукт дає змогу проводити розрахунки як стаціонарній, так і нестаціонарній постановці. У стаціонарній постановці роторні елементи проточної частини вважаються зафіксованими у певному кутовому положенні відносно статорних, що дозволяє моделювати взаємодію сліду від лопаті одного елемента на течію в другому елементі. При розрахунку досліджуваної ступені така постановка виявилася неефективною. При нестаціонарній постановці розрахунок виконується без спрощуючих допущень. Взаємне кутове положення ґраток лопатей враховується в кожній ітерації. Такий підхід дозволяє найбільш точно моделювати усі нестаціонарні ефекти, які відбуваються на границі двох лопатевих систем, але й найбільш ресурсоємний. В даному випадку використовувався саме такий спосіб розрахунку.

Результати чисельного розрахунку досліджуваної ступені задовільно корелюють з даними фізичного експерименту. На основі отриманих картин течії і полів тиску можна зробити висновок про складну тривимірну структуру течії у каналах досліджуваної малогабаритної осьової ступені. При переважному числі режимів роботи по подачі у каналах статорного апарату спостерігаються відносно крупні вихори. Вплив особливостей течії у каналах ступені на відносні розміри ділянки нестабільності на кривій залежності напір-подача має бути предметом подальших досліджень.



# НАПРЯМКИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМІ ОСВІТЛЕННЯ 5-Ї МІСЬКОЇ ЛІКАРНІ М. СУМИ

*О.В. Кошман, А.С. Мандрика*

Споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) в Україні характеризується відносно невисокою ефективністю.

Питання підвищення енергоефективності в бюджетних установах України становиться все більш актуальним. Організації бюджетної сфери споживають близько 15% вироблюваної в країні електроенергії й близько 30% теплової енергії. Таким чином, бюджетна сфера є великим споживачем енергоносіїв. Соціальна значимість бюджетної сфери і її недостатнє фінансування гостро ставить проблему раціонального споживання енергоносіїв, їхнього обліку й економії.

У медичних установах найбільш енергоємну групу становлять електротермічні установки для дезінфекції стерилізації (автоклави, сушильні шафи, стерилізатори, дистильатори) від 10% до 40% електроспоживання, холодильне устаткування - 5-10%, освітлення - 30-60 %, вентиляція й кондиціонування - 10-20%.

Основними причинами завищених витрат енергоносіїв у бюджетних організаціях є:

- слабкий контроль керівництва за витратою енергоносіїв;
- відсутність енергетичних паспортів;
- відсутність у багатьох організаціях лічильників витрат теплової енергії й холодної води;
- відсутність автоматичного регулювання систем освітлення й неправильний вибір типів освітлювальних приладів і джерел світла;
- відсутність автоматизації регулювання систем опалення гарячого водопостачання й вентиляції;

Метою обстеження системи освітлення в Сумській міській лікарні №5 є вироблення рекомендацій з підвищення енергоефективності та облік його специфічних можливостей.

Перша важлива обставина – відсутність у переважній більшості випадків роздільного обліку електроенергії, затрачуваної на освітлення і технологічні потреби. Друге – обмежені фінансові можливості обстежуваної організації, що не дозволяють забезпечити проведення навіть дуже скромної по витратах модернізації системи освітлення.

Використання в системі освітлення лікарні ламп розжарювання, які є неефективними з точки зору енергозбереження. Так сумарна потужність ламп розжарювання, які встановлені в освітлювальних системах лікарні, складає 118,4кВт або 66,3% від сумарної потужності освітлювальних систем лікарні, яка становить 178,5кВт (8,9% від сумарної потужності встановленого електричного обладнання закладів освіти, яка складає



2014,3кВт). В лікарні в основному використовуються лампи розжарювання потужністю 100Вт (загальною кількістю 1184шт.), які доцільно замінити на більш якісні компактні люмінесцентні лампи PL\*E/T20 (або PL\*E/C 20, OSRAM 20) з такими технічними показниками:

- потужність 20Вт
- світловий потік 1200лм;
- строк служби 10000 годин

При порівнянні технічних показників вищевказаних люмінесцентних ламп з показниками ламп розжарювання, які використовуються лікарнею, об'єктивно існують такі переваги перших:

- на 80% менше споживання електроенергії при однаковому світловому потоці 1200лм;
- в 10 разів більший строк служби;
- миттєве запалення навіть за низьких температур;
- відмінна кольоропередача;
- однаковий тип цоколя Е 27, що дозволяє при реконструкції

використовувати існуючі в закладах освіти типи світильників.

Річне нормативне споживання лікарнею в сумі дорівнює 2444,920тис.кВт-год, тобто у відповідності зі встановленою потужністю електричного обладнання нормативне споживання електроенергії освітлювальними точками становить:

$$2444,920 \times 0,089 = 217,600 \text{ тис. кВт-год.}$$

З них на долю ламп розжарювання, які рекомендується замінити доводиться 80% або 945 штук, приходиться  $217,600 \times 0,663 \times 0,80 = 115,415$  тис.кВт-год.

Виходячи з технічних показників ламп економія електроенергії при заміні ламп розжарювання на енергозберігаючі люмінесцентні лампи складе 80%, тобто:

$115,415 \text{ тис. кВт-год} \times 0,80 = 92,330 \text{ тис. кВт-год}$ , або в грошовому еквіваленті

$$92,330 \text{ тис. кВт-год} \times 0,24 \text{ грн/кВт-год} = 22,160 \text{ тис. грн.}$$

Вартість встановлення компактних люмінесцентних енергозберігаючих ламп в кількості 945 ламп становить  $945 \times 34 \text{ грн} = 32,130 \text{ тис. грн}$ ;

де 34 грн - вартість однієї компактної люмінесцентної лампи потужністю 20Вт з врахуванням ПДВ та опту.

Окупність запропонованого енергозберігаючого при нормативному споживанні електроенергії системою освітлення заходу складає:  $32,123 / 22,160 = 1,5$  роки.

Даний проект, можна впровадити на типову бюджетну установу медичного призначення, який дасть значну економію в системі освітлення за невеликий термін окупності.



# ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОЧОГО КОЛЕСУ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСУ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗРАХУНКОВОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

*А.О. Євтушенко, С.О. Луговая, А.В. Неня*

Впровадження розрахункового експерименту до процесу проектування лопатевих машин, зокрема проточної частини відцентрового насосу, має вагомим позитивним значенням. За допомогою програмних пакетів різного напрямку ми маємо змогу скоротити час, необхідний для проектування, передбачити поведінку робочої рідини за тих чи інших граничних умов. Особливої уваги слід приділити моделюванню течії рідини за робочим колесом, де внаслідок нерівномірності структури течії втрачається вагомий частка енергії.

У 1970 році к.т.н. О.І. Тімшин провів дослідження ряду відцентрових робочих колес на визначення структури течії за РК відцентрового насосу. Випробування проводилися на аеростенді при частоті обертів 2200 об/хв. Вимірювання швидкостей та тиску проводилось внесенням до визначених точках зондів.

Для обчислювального експерименту були вибрані два РК однакового діаметру, що становить 500 мм, коефіцієнт швидкохідності яких становить 100, колеса мають по 7 лопатей. Відрізняються колеса лише кутом виходу лопаті, в першому випадку цей кут становить 20 градусів, в другому –25. Форма лопаті – просторова.

Для побудови геометричної моделі використовувалась програма SolidWorks. Розрахункова сітка біла збудована за допомогою пакету AnsysWorkbench. Безпосередньо розрахунок проводився програмою CFX.

Граничні умови на вході задавалися масовою витратою крізь один канал, на виході - статичним тиском. Тип граничної умови на виході задавався, як «відкрита», таким чином ми передбачили можливість наявності зворотних течій на виході з РК.

В даному розрахунку використовувалась стандартна модель турбулентності k-ε.

Розрахунок проводився для одного каналу РК з метою прискорення часу експерименту.

Порівняльний аналіз експериментальних даних та даних обчислювального експерименту інтегральних характеристик, дозволяє зробити наступні висновки. Моделювання течії робочої рідини в проточній частині лопатєвого насосу за допомогою програми CFX дає нам змогу з прийнятною точністю визначити фізику робочого процесу, інтегральні показники РК та проводити чисельні дослідження полів швидкостей та тиску за різних вхідних даних та граничних умов.



# Х ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВА ОСЕВОЙ РАЗГРУЗКИ РОТОРА ВЫСОКООБОРОТНОГО ЦЕНТРОБЕЖНОГО МНОГОСТУПЕНЧАТОГО НАСОСА

*К.А.Хацко*

Один из путей повышения эффективности насосного оборудования - повышение частоты вращения ротора. Как показывают исследования [1], оптимальная частота вращения высоконапорных центробежных насосов составляет 8000-12000 об/мин. Для таких высокооборотных машин особый интерес представляет использование концепции "безопорного насоса", в которой функции опор выполняют щелевые уплотнения проточной части. Если вопросы динамики роторов и разгружающих устройств таких насосов на стационарных режимах в определенной мере изучены, то режимы разгона, выбега и другие переходные процессы не исследованы. Эти режимы представляют существенный интерес, поскольку на них элементы ротора и статора находятся в условиях механического контакта, приводящего к износу уплотняющих зазоров.

С целью проверки работоспособности высокооборотного центробежного насоса с совмещенными опорно-уплотнительными узлами и устройства осевой разгрузки (гидропяты) на переходных режимах был проведен численный анализ динамических характеристик устройства осевой разгрузки ротора при разгоне на примере эскизного проекта четырехступенчатого насоса для поддержания пластового давления с параметрами: подача - 180 м<sup>3</sup>/час, напор - 1422 м, частота вращения - 9000 об/мин.

Для построения зависимости частоты вращения от времени работы насоса  $\omega(t)$  при разгоне, на основе которой воссоздаются все процессы в насосе во временном измерении, использовалась расчетная схема роторов насосного агрегата. Расчетная схема включает роторы насоса и электродвигателя, которые вращаются с разной угловой скоростью, присоединенных к ним муфт и мультипликатора. Для определения и построения зависимости  $\omega(t)$  было использовано дифференциальное уравнение, в котором характеристика двигателя аппроксимировалась формулой Клосса. Решение нелинейного дифференциального уравнения было получено при помощи метода численного интегрирования. Время разгона составило около четырех секунд. Полученная зависимость  $\omega(t)$  дала возможность исследовать процессы во время пуска. На ее основе были построены необходимые характеристики изменения во времени напора и подачи насоса, а также осевой силы, действующей на ротор. Начальная осевая сила обусловлена действием максимально возможного подпорного давления 1 МПа. Все расчеты проведены для максимальной нагрузки, то есть пуска на открытую задвижку.



Для исследования динамики процесса перекладки ротора и срабатывания гидропята было составлено дифференциальное уравнение осевого движения ротора, при решении которого использовалось уравнение баланса расходов. Прежде всего, был получен расчетный момент времени перекладки ротора и соответствующие ему параметры режима работы насоса. Численный анализ расчетного переходного процесса осевого движения ротора при разгоне насоса позволяет сделать следующие выводы: после начала движения ротора в осевом направлении осевой зазор гидропята стремительно достигает минимального значения, затем динамические колебания затухают, и устройство осевой разгрузки ротора монотонно выходит на расчетный рабочий режим. Таким образом, не только на стационарных, но и на переходных режимах механический контакт между диском и подушкой разгрузочного устройства отсутствует.

Проведенные расчеты дали также возможность исследовать процесс центровки или "всплытия" ротора насоса в щелевых уплотнениях - опорах при пуске, определить продолжительность работы радиальных уплотнений при механическом контакте. Для этого использовалась общепринятая расчетная схема ротора насоса, в которой вал задается как объект с распределенными свойствами, рабочие колеса и втулки - как сосредоточенные массы, а действие уплотнений сведено к упруго - демпфирующим дискретным элементам. На протяжении пускового периода проведены расчеты с периодом 0,1 секунды, а в характерных точках расчетный интервал был еще сгущен. Таким образом, были получены моменты времени "всплытия" отдельных характерных участков ротора.

Все необходимые данные для расчета ресурса пусковых узлов трения (пусковое упорное кольцо, уплотнения первого рабочего колеса и устройства осевой разгрузки) были получены. Используя известное уравнение для интенсивности износа, принимая расчетное контактное давление в парах трения по максимальному значению, было получено расчетное количество пусков 9000 для упорного кольца и 2000 - для радиальной щели гидропята соответственно при износе 0,1мм и 0,175мм.

Результаты анализа позволяют сделать вывод о том, что работа высокооборотных центробежных насосов с комбинированными опорно-уплотнительными узлами и устройством осевой разгрузки ротора - гидропятной на переходных режимах, вопреки некоторым сомнениям, не приводит к катастрофическому износу пар трения. Разработанная методика может быть применена для расчетов насосов и устройств осевой разгрузки ротора другой конструкции.

#### Литература

1. С.Г.Валюхов, А.А.Витошкин, В.К.Першин, В.В.Архипов, В.Г.Колпаков, В.В. Набережнев. Совершенствование насосного оборудования на базе опыта создания ракетной техники и технологий. // Труды VIII Международной научно-технической конференции "НАСОСЫ-96", т.1. - Сумы: ИПП "Мрія-1" ЛТД, 1996, с. 63 - 67.



# РЕЗУЛЬТАТИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ДИТЯЧОГО САДКУ

*О.М.Єлфімова, М.М.Хвостенко, С.В.Сапожніков*

Значна складова витрат по плану бюджету 2006 року м. Суми припадає на органи освіти: 84 млн. грн (32 %), з них 8,3 млн. грн (10 %) – оплата комунальних послуг і енергоносіїв. В структурі Управління освіти Сумської міської ради 91 об'єкт, з них 35 дошкільних навчальних закладів, 8 навчально-виховних комплексів (НВК), 30 загальноосвітніх та спеціалізованих шкіл та інші організації позашкільної освіти.

По домовленості між міським виконкомом та СумДУ кафедра прикладної гідроаеромеханіки силами студентів спеціальності „Енергетичний менеджмент” взяла на себе обов'язок провести енергетичні обстеження, як пілотний проект типових будівель органів освіти (школа № 26, НВК № 34) та охорони здоров'я (5 лікарня). Результати енергетичного обстеження систем енерго- та водозабезпечення НВК № 34 наводяться в докладі.

Навчально-виховний комплекс № 34 являє собою двоповерхову будівлю з підвальними приміщеннями загальною площею 2200 кв. м, який до отримував тепло централізовано, а з 1997 року з'явилася своя автономна котельня з двома газовими котлами, яка розташована на території закладу і забезпечує дитячий заклад теплом та гарячою водою. Загальна встановлена потужність електроспоживаючого обладнання складає 91,7 кВт. Електрична енергія використовується в харчоблоці (56,1 %), пральної (21,5 %), загальне освітлення (12,9 %) та інше (8,2 %).

В докладі приводяться результати енергетичних обстежень, а саме: порівняння затрат з міського бюджету на теплозабезпечення до встановлення автономної котельні і після; вимірювання температурного режиму теплоносіїв та приміщення; тепловий баланс з ранжуванням втрат; заходи по модернізації внутрішньої системи тепlopостачання, розрахунок строку окупності; аналіз питомих витрат на електрозабезпечення та порівняння їх з середніми в організаціях освіти; аналіз споживання електроенергії різними підрозділами організації; аналіз тенденцій зміни електроспоживання за період 2003-2005 років і впродовж років по місяцям; аналіз причин завищення витрат енергоносіїв в бюджетній установі; перелік енергозберігаючих заходів в системах електропостачання, освітлення та вентиляції; розрахунок потенціалу електрозбереження.

Результатом проведення енергетичних обстежень типових будівель Управління освіти та охорони здоров'я та розповсюдження досвіду на інші об'єкти може бути розробка питомих витрат на енергозабезпечення, затвердження та доведення їх до керівників організацій, що є сильним стимулом енергоощадності.



# РЕЗУЛЬТАТИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ МІСЬКОЇ КЛІНІЧНОЇ ЛІКАРНІ №5

*Л.В. Заболотна, М.І. Сотник*

Згідно домовленості між міською виконавчою владою та керівництвом СумДУ, кафедра прикладної гідроаеромеханіки силами студентів спеціальності “Енергетичний менеджмент”, провела енергетичні обстеження, як пілотний проект, будівель міської клінічної лікарні №5. результати енергетичного обстеження системи енерго- та водопостачання цього об’єкту наводяться у доповіді.

Міська клінічна лікарня №5 являє собою “медичне містечко” на території якого розташований лікувальний корпус (7 поверхів), будівля поліклініки, будівля інфекційного відділення, котельня, будинок харчоблоку, будинок допоміжних служб, 2-х та 5-и поверхневі будівлі районної лікарні.

Енергоресурси споживаються на опалення, роботу котлів (ДКВР), що виробляють пар для дезинфекції білизни. Освітлення будівель та території лікарні, електроспоживання пристроїв, що задіяні у лікувальному процесі.

Теплопостачання – від централізованого джерела, для чого мається 2 вводи через теплові пункти, де встановлені прилади обліку. Електропостачання проводиться від мережі “Обленерго” через вузли обліку.

Енергоносієм для роботи котлів котельної є газ, що постачається від міської мережі.

Водопостачання проводиться через вузол обліку з міської мережі водопроводу.

В доповіді наводяться результати енергетичних обстежень, а саме: ефективність роботи підкачуючих насосів водопровідної системи, при цьому зазначається, що питомі витрати електричної енергії на перекачування 1 м<sup>3</sup> води завищені в декілька разів від нормативних. Приводяться результати обстеження та обрахунку ефективності використання електричної енергії на зовнішнє та внутрішнє освітлення, витрати на яке також не відповідають нормативам сьогодення.

Проведений аналіз роботи котельної вказує на нераціональне використання котлів – використовується близько 20% їх потужності.

Проведений аналіз споживання енергоресурсів за останні 3 роки різними підрозділами лікарні, аналіз причин завищення витрат енергоносіїв, перелік енергозберігаючих заходів в системах енерго- та водопостачання лікарні, наведені об’єми фінансування їх впровадження та економічних ефект з розрахунком ефективності та терміну окупності. Також наведений алгоритм “самофінансування” впровадження таких заходів з мінімізацією фінансування першого заходу.



**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
ПРОЕКТУВАННЯ**



# ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕДІАННОГО ПЕРЕРІЗУ РОБОЧОГО КОЛЕСА ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА

*І.В. Баранова, В.Г. Неня*

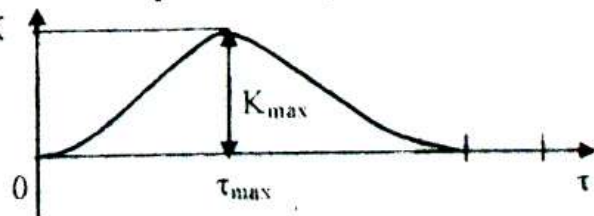
В практиці проектування відцентрових насосів прийнято форму меридіанного перерізу робочого колеса визначати його контурами, що складаються із відрізків прямих та дуг кіл. Форма цього перерізу вважається прийнятною у тому випадку, якщо площа поперечних перерізів плавно змінюється від входу до виходу. При цьому площа перетину визначається через діаметр вписаного кола або за швидкістю рівношвидкісного потоку. За окремими підходами і рівношвидкісний потік будують за допомогою вписаних кіл. Недоліком такого підходу є ітераційний характер процесу розробки форми перерізу та відсутність кількісних показників, за значеннями яких доцільно приймати проектні рішення.

Засоби обчислювальної геометрії дають можливість усунути вказані недоліки. Це досягається проектуванням середньої лінії меридіанного каналу робочого колеса відповідно до заданого закону зміни кривизни лінії від її довжини. Скористаємося так званим натуральним рівнянням кривої лінії  $\alpha = \alpha(\tau)$ . У ньому кут нахилу дотичної  $\alpha$  залежить від довжини лінії  $\tau$ . Алгоритм побудови рівняння шуканої лінії має наступні кроки. За координатами точки  $M(x, y)$  на лінії параметри кута визначаються наступним чином:  $\cos \alpha = dx/ds$ ,  $\sin \alpha = dy/ds$ . Після взяття похідної від даних виразів отримаємо  $d^2x/ds^2 = -\sin \alpha (d\alpha/ds)$ ,  $d^2y/ds^2 = \cos \alpha (d\alpha/ds)$ . Взавши до уваги, що кривизна середньої лінії струму потоку за визначенням  $K = d\alpha/ds$ , то вирішення поставленої задачі зводиться до вирішення наступної системи із двох рівнянь:

$$\frac{d^2x}{ds^2} + K \frac{dy}{ds} = 0, \quad \frac{d^2y}{ds^2} - K \frac{dx}{ds} = 0$$

У якості граничних умов доцільно вибирати координати початку та кінця середньої лінії струму меридіанного потоку. Рішення системи знаходиться чисельно.

Закон зміни кривизни середньої лінії струму доцільно вибирати функцію, від якої наведено на рисунку. Змінна кривизна визначається на довжині, наприклад, рівній відстані між вхідною та вихідною точками. Максимальне значення кривизни та її положення рекомендується визначати як параметри оптимізації, а їх значення використовувати для прийняття проектного рішення при виконанні даної проектної процедури





# ПОБУДОВА КОНТУРУ МЕРИДІАННОГО ПЕРЕРІЗУ РОБОЧОГО КОЛЕСА ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА

*В.Г. Неня, В.О. Панченко, В.В. Шендрік*

У випадку визначеної середньої лінії струму меридіанного перерізу побудову граничних поверхонь, що забезпечують необхідний закон зміни площі поперечного перерізу легко виконати. Для цього визначаємо діаметри вписаних кіл та використовуємо наступний метод обчислювальної геометрії.

Нехай лінія, що огинає кола вписані у переріз, визначена параметрично:

$$X=X(U,V), Y=Y(U,V).$$

Тут один параметр, наприклад,  $u$  визначає координату точки кола, а інший параметр  $v$  – положення кола на середній лінії каналу. Умова неперервності лінії, що огинає множини кіл,

$$(DX/DU)(DY/DV)-(DX/DV)(DY/DU)=0.$$

За допомогою цієї умови із параметричного представлення контуру виключаємо одну із координат та знаходимо рівняння контуру.

За умови, що роль параметру  $u$  відіграє кутова координата  $\varphi$  точки на колі, а параметра  $v$  – положення центра кола на середній лінії – довжина середньої лінії  $\tau$ , наведені вище співвідношення приймають вигляд:

$$x=x_c(\tau)+R(\tau)\cos\varphi;$$

$$y=y_c(\tau)+R(\tau)\sin\varphi;$$

$$R(\tau) [y'_c(\tau)\sin\varphi + x'_c(\tau)\cos\varphi] + R(\tau) R'(\tau) [\sin^2\varphi + \cos^2\varphi].$$

Причому завжди  $R(\tau) \neq 0$ , а символ «'» означає похідну вздовж середньої лінії струму  $\tau$ .

Проведена процедура виключення кутової координати приводить до наступного диференціального рівняння

$$\frac{x - x_c(\tau)}{R(\tau)} = \left( \frac{y - y_c(\tau)}{R(\tau)} + \frac{R'(\tau)}{y'_c(\tau)} \right) \frac{y'_c(\tau)}{x'_c(\tau)},$$

яке вирішується чисельно.

Розрахована після рішення рівняння множина точок на лінії, що огинає вписані у канал кола, для використання у вже розроблених процедурах подальшого проектування робочого колеса апроксимується як це прийнято традиційно відрізками прямих ліній та дугами кіл за методом найменших квадратів. Причому ця задача вирішується як оптимізаційна. У якості критерію оптимізації виступає кількість таких геометричних елементів, а обмеженням виступає наперед задана максимальна точність відхилення точок розрахованого контуру згинаючої лінії від точок відрізків та дуг.



# МОДЕЛЮВАННЯ КОЛИВАЛЬНИХ СИСТЕМ У РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

*О.І. Братушка, В.Г. Неня, І.Д. Пузько, Н.О. Сітало*

Математична модель коливальної системи при реалізації режимів вільних коливань відповідає однорідному диференціальному рівнянню

$$\ddot{x} + 2hx + \omega^2 x = 0 \quad (1)$$

де:  $x(t)$  - переміщення;  $\dot{x} = dx/dt$  - швидкість переміщення;  $\ddot{x} = d^2x/dt^2$  - прискорення;  $m$  - маса коливальної системи;  $b$  - коефіцієнт опору;  $c$  - коефіцієнт жорсткості;  $h$  - коефіцієнт розсіювання енергії;  $\omega_0$  - частота вільних коливань консервативної коливальної системи.

Приймаючи до уваги співвідношення між параметрами коливальної системи отримуємо залежності для визначення коефіцієнта розсіювання енергії  $h$  та власної частоти коливань  $\omega_0$

$$h = \pi \operatorname{ctg}(\pi \Delta_1 / \Delta_2) / \Delta_2. \quad (2)$$

$$\omega_0 = \pi / [\Delta_2 \sin(\pi \Delta_1 / \Delta_2)]. \quad (3)$$

Приймаючи до уваги той факт, що часові інтервали  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$  вимірюються при наявності похибок, виникає необхідність формування інформаційного масиву інтервалів  $\Delta_{1i}$ ,  $\Delta_{2i}$ ,  $i = (1, n)$ .

В такій ситуації співвідношення (2) і (3) приймають вигляд

$$h' = \pi \operatorname{ctg}(\pi \Delta_{1i} / \Delta_{2i}) / \Delta_{2i},$$

$$\omega'_0 = \pi / [\Delta_{2i} \sin(\pi \Delta_{1i} / \Delta_{2i})], \quad i = (1, 2, 3, \dots, n)$$

де:  $n$  - число вимірів першого і другого часових інтервалів;

$h'$ ,  $\omega'_0$  - оцінки параметрів  $h$ ,  $\omega_0$ .

Із регресійних залежностей шляхом мінімізації остаточно знаходимо

$$h = [\pi \sum \Delta_{2i} \operatorname{tg}(\pi \Delta_{1i} / \Delta_{2i})] / [\sum \Delta_{2i}^2 \operatorname{tg}^2(\pi \Delta_{1i} / \Delta_{2i})], \quad (4)$$

$$\omega_0 = [\pi \sum \Delta_{2i} \sin(\pi \Delta_{1i} / \Delta_{2i})] / [\sum \Delta_{2i}^2 \sin^2(\pi \Delta_{1i} / \Delta_{2i})]. \quad (5)$$

Число « $i$ » вимірів першого  $\Delta_{1i}$  і другого  $\Delta_{2i}$  часових інтервалів визначається або числом  $N_1$  зафіксованих напівперіодів в одній реалізації при одному значенні початкових умов або числом  $N_2$  зафіксованих значень одного напівперіоду при  $N_2$  значеннях початкових умов.

Застосування запропонованого способу визначення параметра  $h$  розсіювання енергії і власної частоти  $\omega_0$  механічної коливальної системи, а саме, фіксація і запам'ятовування множини першого і другого часових інтервалів, перший з яких дорівнює часовому інтервалу між нульовими значеннями переміщення і швидкості, а другий - інтервалу між сусідніми значеннями переміщення дозволяє шляхом формування регресійних залежностей зменшити похибку при визначенні оцінок  $h$  і  $\omega_0$ .



# КЛАСИФІКАЦІЯ БЕЗМУФТОВИХ СИСТЕМ ВМИКАННЯ КРИВОШИПНИХ ПРЕСІВ

*В.С. Запорожченко, А.В. Запорожченко*

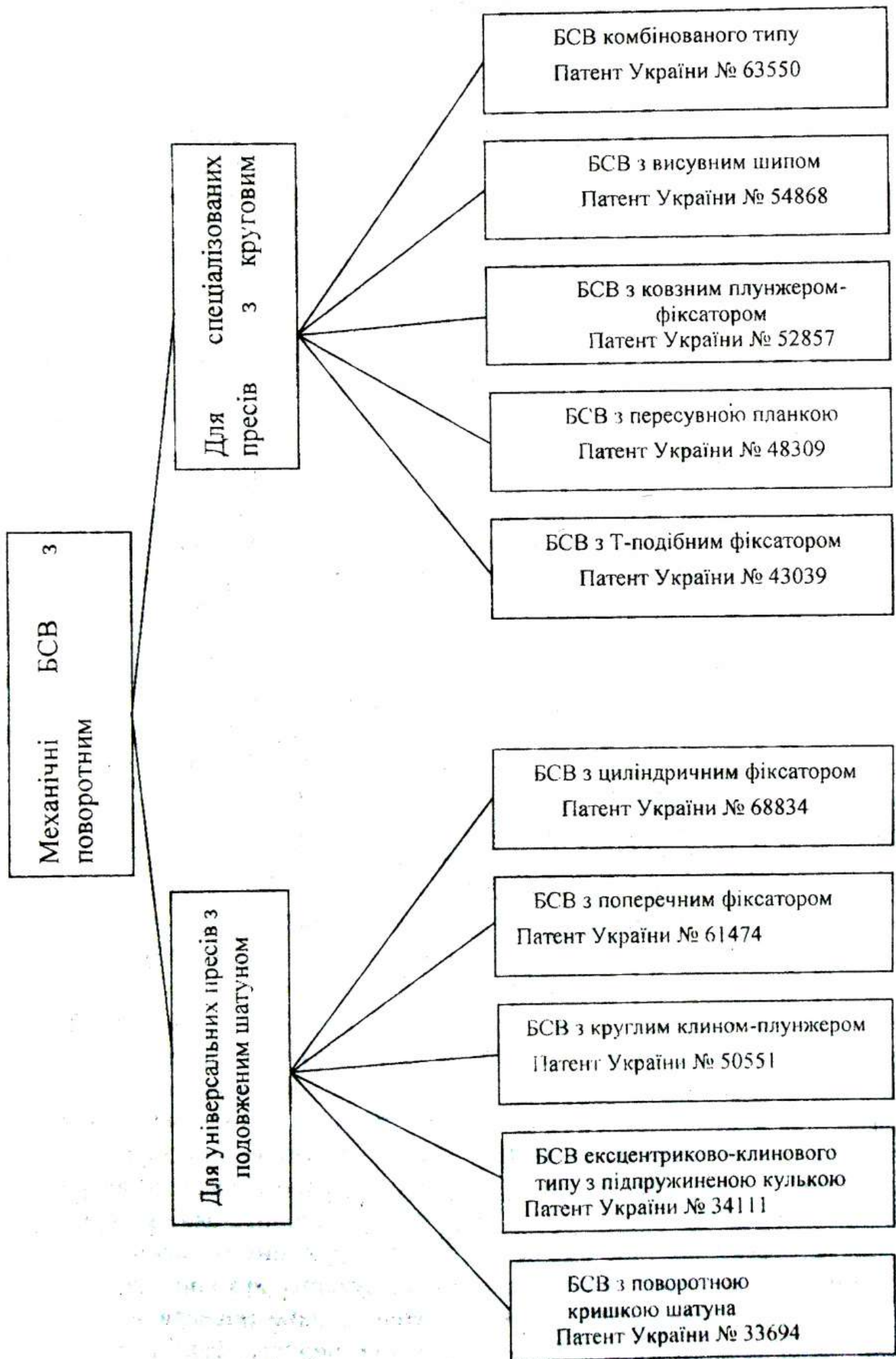
Найбільш поширені в штампувальних цехах кривошипні преси мають недосконалу систему вмикання, основним елементом якої є фрикційна муфта з великою кількістю недоліків: складність конструкції і висока вартість, наявність енергетичних втрат на тертя й проковзування фрикційних елементів, продукти зношення яких є екологічно шкідливими та інше. Тому, заміна традиційних фрикційних муфт безмуфтовими системами вмикання (БСВ) є актуальною задачею сучасного пресобудування.

У теперішній час вітчизняні підприємства та провідні закордонні фірми наполегливо працюють в напрямку створення кривошипних пресів з БСВ, які згідно з конструктивними ознаками поділяються на три групи: механічного, механогідравлічного й гідравлічного типів. Більш надійними виявились механічні БСВ, але вони мають недосконалу конструкцію і низьку жорсткість, що зменшує точність штампованих виробів.

На кафедрі ІТП проводиться пошукова науково-дослідна робота по вдосконаленню БСВ кривошипних машин, принцип дії яких полягає в розміщенні на шатунній шийці головного вала конверсійної ланки у вигляді ексцентрикової втулки, ексцентриситет  $E$  якої дорівнює радіусу кривошипа  $R$ . При обертанні ексцентрикової втулки разом з головним валом, завдяки рівності  $E = R$ , повзун залишається нерухомим. Після зупинки ексцентрикової втулки за допомогою механізму фіксації повзун починає рухатися вниз, виконує технологічну операцію штампування і піднімається вгору. Якщо ексцентрикову втулку звільнити, вона знову почне обертатися разом з валом, а повзун зупиняється. Далі цикл роботи повторюється.

Механізм фіксації ексцентрикової втулки виконується у вигляді поворотної кришки шатуна, клина з підпруженим фіксатором - кулькою, ковзної планки, хитного важеля та інше. Нові БСВ можуть бути застосовані у кривошипних пресах з подовженим шатуном та з круговим шатуном. Класифікацію механічних безмуфтових механізмів вмикання наведено на рисунку. Згідно з даною схемою фіксувальний елемент може бути розміщеним в радіальному, тангенціальному або аксіальному напрямку із зовнішнього чи внутрішнього боку ексцентрикової втулки або всередині останньої. Науковий пошук в цьому напрямку слід продовжувати, наприклад, шляхом створення БСВ комбінованого типу. Виготовлені діючі моделі безмуфтових механізмів вмикання показали достатню працездатність, простоту конструкції, надійність в експлуатації і використовуються у навчальному процесі при проведенні занять з дисципліни "Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка". Запропоновані БСВ можуть бути рекомендовані при виготовленні нових кривошипних пресів та модернізації існуючого обладнання вітчизняних підприємств.





Класифікація нових безмуфтових систем вмикання поворотно – ексцентрикового типу



# УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ВМИКАННЯ КРИВОШИПНИХ ПРЕСІВ

*В.С. Запорожченко, Є.М. Коваль, І.С. Самохвал, М.С. Скиданенко, І.О. Чуб*

Розробка безмуфтових систем вмикання ( БСВ ) є актуальною задачею сучасного пресобудування. БСВ, порівняно з муфтовими системами, спрощують конструкцію обладнання, зменшують його вартість, скорочують простоювання пресів під час ремонту, не забруднюють навколишнє середовище продуктами зношення фрикційних, екологічно небезпечних матеріалів, дозволяють зменшити витрати енергії на пуск й зупинку ведених частин технологічної машини. На сьогодні розроблено значну кількість нових БСВ поворотно-ексцентрикового типу, конструкції яких захищено 15 патентами України. Але пошук більш досконалих технічних рішень нових конструкцій БСВ, які створюються в рамках НДРС, продовжується.

Згідно з класифікацією БСВ, фіксувальний елемент, що періодично з'єднує або роз'єднує кривошипний вал і ексцентрикову втулку, ексцентриситет  $E$  якої дорівнює радіусу кривошипа  $R$ , може переміщуватися в радіальному, тангенціальному та аксіальному ( осьовому ) напрямках. Для одностоякових кривошипних пресів перспективним є останній варіант переміщення фіксатора, так як з передньої сторони преса головний виконавчий механізм відкритий. Тому запропоновано встановити пересувний в горизонтальному напрямку диск або хитний важіль, які по черзі з'єднують ексцентрикову втулку з кривошипним валом при холостому обертанні останнього, чи з шатуном при робочому ході преса. Пересувний диск та хитний важіль мають виступи, що за формою відповідають протилежним заглибленням на торцевій частині кривошипа і шатуна. Це дозволяє вмикання та вимикання робочого ходу преса виконувати одним елементом, що збільшує надійність роботи БСВ нового типу. Такі конструкції БСВ більш досконалі порівняно з раніше розробленими механізмами.

Значною проблемою при роботі механічних БСВ є удари фіксатора, що обертається разом з кривошипним валом, по нерухомому упору і раптова зупинка фіксатора. Відомі демпферні елементи у вигляді шару гуми або поліуретану не повністю "гасять" удар і швидко виходять з ладу. Тому з метою пом'якшення ударів й швидкого демпфірування пружних коливань металевих частин преса, запропоновано на упорі встановити гідравлічний демпфер, поршень якого з каліброваними отворами розміщено нерухомо, а рухомий циліндр з ущільненнями повільно переміщується після удару в нього. Згідно з іншим варіантом БСВ, запропоновано гідравлічний пристрій вмонтувати в плоску стінку ексцентрикової втулки. Гідравлічний демпфер забезпечує ефективне пом'якшення удару рухомих частин БСВ по нерухомим деталям преса та швидке демпфірування пружних коливань.

За результатами цієї роботи в Укрпатент подано три заявки на корисні моделі у співпраці зі студентами 1 курсу інженерного факультету.



# ПОДСИСТЕМА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ САПР МЕХАНИЗМА ДВИЖЕНИЯ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА

*С.М. Ващенко*

Одной из подсистем САПР поршневого компрессора (САПР ПК) является модуль математического обеспечения, базирующийся на разработанной математической модели проектируемого объекта.

Входными параметрами подсистемы математического моделирования является техническое задание на разработку САПР, включая геометрические параметры, полученные из подсистем, реализующих предыдущие этапы проектирования поршневого компрессора. Результат работы - получение электронной модели объекта проектирования, включая полный перечень основных параметров элементов проектируемого изделия, твердотельную модель, а также комплект конструкторско-технологической документации. Расчетные модули САПР содержат в себе процедуры, основанные на уравнениях, описывающих кинематику основных элементов СУПК и их динамические характеристики, а также позволяющие выполнить прочностные расчеты этих элементов.

Программное обеспечение представляет собой цельный программный комплекс, работающий в едином информационном пространстве, и позволяет:

получить трехмерную параметрическую модель механизма движения и уравновешивания поршневого компрессора;

импортировать в автоматизированном режиме в расчетный модуль САПР СУПК основные геометрические параметры из трехмерной модели, что приводит к обеспечению целостности данных, позволяет обеспечить работу с данными в едином формате, и в автоматическом режиме осуществлять подбор требуемых геометрических и кинематических параметров из баз данных;

в кратчайшие сроки выполнить основные конструктивные и прочностные расчеты, провести динамический расчет с автоматическим построением необходимых диаграмм сил для определения значений требуемых сил и моментов, а также основных параметров противовесов;

в автоматизированном режиме сохранять результаты расчетов в виде расчетно-пояснительной записки -- текстового файла MS Word;

осуществлять вариантное проектирование (быстро вносить изменения в модель и выполнить перерасчет основных параметров).

При интеграции САПР СУПК в САПР ПК полученные данные будут входными параметрами для других подсистем, таких, например, как подсистема расчета виброакустических характеристик, газодинамического тракта, определения массогабаритных характеристик на стадии проектирования.



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ЕВФРАТ-ДОКУМЕНТООБОРОТ

*В.Ю. Носовский, И.В. Бубнов*

В настоящее время на рынке программных продуктов представлено большое количество систем электронного документооборота (СЕД). Потребителям этих продуктов до приобретения достаточно сложно разобраться в их возможностях. В данной работе освещены особенности системы ЕВФРАТ-Документооборот.

Система ЕВФРАТ-Документооборот позволяет построить полно-ценную систему управления документами, а также содержит весь необходимый инструментарий для успешной организации электронного документооборота организации, независимо от численности и формы ее собственности. Система рассчитана на работу как в рамках небольшого отдела, например, канцелярии или локальной организации в целом, так и в рамках территориально-распределенной организации со сложной схемой информационных потоков.

ЕВФРАТ-Документооборот позволяет:

1. Автоматизировать регистрацию документов и заданий;
2. Обеспечить эффективное взаимодействие сотрудников в рамках работ по документам;
3. Осуществлять мгновенный поиск информации;
4. Контролировать выполнение работ, инициируемых документами и заданиями;
5. Проводить мониторинг состояния выполняемых процессов и анализ загрузки персонала за счет формирования различных журналов и отчетов;
6. Организовать долговременное хранение документов организации;
7. Обеспечить разграничение прав доступа сотрудников к информации.

В версии системы ЕВФРАТ-Документооборот v.12 реализована поддержка работы в организациях с территориально-распределенной структурой управления. Это позволяет организовать сквозную работу над документами и заданиями между главным офисом и территориально удаленными филиалами. Для обеспечения конфиденциальности работы с документами всем сотрудникам даются права доступа в соответствии с их должностными обязанностями и статусом в организации. В системе можно формировать пользовательские роли и указывать их вместо конкретных исполнителей, что позволяет организовать работу в режиме временного или постоянного замещения одного сотрудника другим.

Протоколирование действий пользователей, криптографическое шифрование и применение электронной цифровой подписи при согласовании документов полностью исключает вероятность несанкционированного доступа.



# СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА "КОДЕКС: ДОКУМЕНТООБОРОТ"

*А.В. Франчук, И.В. Бубнов*

Система "Кодекс: Документооборот" представляет собой законченное комплексное решение в области работы с документами и обеспечивает работу с документами любого вида. При этом поддерживается полный "жизненный цикл" документа, включая разработку его проекта, документооборот и организацию архивного хранения.

В основу системы заложен принцип модульности, который позволяет наиболее полно реализовать функциональные потребности участников документооборота.

Каждая из систем, входящих в состав корпоративной системы, специализирована под реализацию типовых задач обработки документов. В частности, осуществляется регистрация и контроль движения служебной корреспонденции, регистрация и централизованный контроль распорядительных документов и поручений, подготовка и регистрация документов, создание электронного полнотекстового банка документов, создание электронного архива организации, учет почтовых отправлений, учет кадрового состава организации, контроль выполнения договоров.

Возможность внедрения готовых решений усилена много-вариантностью реализации одних и тех же функций делопроизводства в зависимости от условий внедрения. Существуют, например, функционально одинаковые варианты системы для малых локальных сетей (файл-серверный вариант), и многопользовательских сетей (SQL-вариант), есть варианты внедрения для организаций с небольшим или, наоборот, с большим документооборотом и др.

Система "Кодекс: Документооборот" рассчитана на применение в реальных условиях функционирования бумажного документооборота. Поэтому первая задача, на которую она рассчитана, состоит в поддержке и обслуживании бумажного документооборота. Вторая задача, которую она позволяет решить, - постепенный переход от бумажного к электронному документообороту, внедрению технологии применения штрихкодов при регистрации входящей документации с последующим потоковым сканированием документов и автоматической привязкой их к соответствующим регистрационным карточкам, использованию электронной цифровой подписи при работе с электронными документами.

Каждое подразделение, ведущее учет документов, может иметь автономную систему делопроизводства (модуль). Каждый модуль содержит функцию обмена документами с любым другим модулем, что дает возможность внедрять корпоративную систему по частям, связывать головную организацию и территориально удаленные подразделения, создавая единое информационное пространство.



# ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ИМПУЛЬСНОГО УПЛОТНЕНИЯ

Э.Г. Кузнецов

Эксплуатация импульсных уплотнений (ИУ) сопровождается сложными гидродинамическими процессами, оказывающими влияние на величину рабочего зазора уплотнения. Дискретная (импульсная) подача рабочей среды в зазор уплотнения вызывает высокочастотные колебания раскрывающего зазор усилия, что приводит к возникновению осевой вибрации аксиально-подвижного кольца уплотнения. Исследование динамики системы ИУ позволяет определить такие параметры конструктивных элементов ИУ, при которых амплитуда колебаний аксиально-подвижного кольца уплотнения не превысит допустимые пределы.

Течение рабочей среды в зазоре ИУ происходит в канале сложной конфигурации и под действием нескольких одновременно действующих факторов, поэтому в общем виде аналитического выражения не имеет. Для нахождения действующего на подвижное кольцо уплотнения раскрывающего зазор усилия в докладе предлагается способ численного определения поля давления рабочей среды в зазоре. Этот способ основан на применении численного метода граничных элементов. Входными условиями для расчёта являются: геометрия рабочего зазора и параметры эксплуатации уплотнения. В ходе решения определяется величина рабочего зазора (из условия равновесия аксиально-подвижного кольца уплотнения под действием приложенных сил), эпюра давления рабочей среды в плоскости зазора и раскрывающее зазор усилие (несущая способность плёнки рабочей среды в зазоре). Задавая ограничение амплитуды смещения аксиально-подвижного кольца, можно определить характер изменения во времени раскрывающего зазор усилия для любого сочетания рабочих параметров и геометрии ИУ. Численное решение задачи о движении рабочей среды в зазоре уплотнения даёт параметры смещения и силы, вынуждающей колебания подвижного кольца, которые в дальнейшем используются для решения уравнения динамики системы ИУ.

Решение уравнения динамики ИУ служит для нахождения параметров конструктивных элементов уплотнения в ограниченном диапазоне амплитуды колебаний подвижного кольца для заданных режимов эксплуатации ИУ: жёсткости упругих элементов, трения во вторичных уплотняющих элементах, массы подвижных частей ИУ. Решение уравнения динамики системы ИУ выполнено численно с использованием пакета Modeling Visual Studio.



# ПОДСИСТЕМА САПР РАСЧЁТА ДИСКОВЫХ ФРЕЗ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РОТОРОВ ВИНТОВЫХ КОМПРЕССОРОВ

*А.И. Зубко, В.Ю. Бурмака*

Со времени изобретения винтового компрессора в 30-х годах прошлого столетия трудно назвать любую из последующих новинок революцией в компрессоростроении. Но на многих предприятиях, выпускающих компрессоры, не спешат вводить в производство винтовые машины, несмотря на множество преимуществ машин данного класса по сравнению с другими.

Но даже там, где производство винтовых компрессоров уже налажено, существует недостаток в сфере автоматизации проектирования режущего инструмента. Наиболее требовательными к геометрической точности и наиболее трудоёмкими в расчётах деталями винтового компрессора являются его роторы.

Так например на ОАО «Казанькомпрессормаш» проводились работы по созданию САПР дисковых фрез. На ОАО "Сумское НПО им. М.В.Фрунзе" использовалась некоторое время САПР винтовых насосов. В данный момент производство винтовых компрессоров на этом предприятии только осваивается, поэтому появление подобного программного продукта значительно ускорило бы процесс создания новых моделей машин.

Проектируемая подсистема САПР расчёта режущего инструмента для изготовления роторов винтовых компрессоров позволяет рассчитывать геометрию и параметры установки дисковых фрез для типовых профилей винтов (как симметричного, так и асимметричного типов). Кроме того, она позволяет представлять результаты расчета в графическом и текстовом виде. Имеется также режим восстановления профиля канавки по полученной геометрии режущего инструмента.

При изготовлении режущего инструмента, как и любой детали, всегда существуют некоторые неточности, что приводит к неточности изготовления самих роторов. Разработана методика проверки работоспособности винтового компрессора с учетом неточности изготовления режущего инструмента и самих роторов.

При использовании данной подсистемы САПР цикл проектирования компрессора и режущего инструмента существенно сокращается, а следовательно и трудоемкость изготовления предприятием. Сокращение трудоемкости ведёт к снижению себестоимости готового компрессора. С другой стороны, применение подобной САПР позволяет выполнить анализ показателей работы машины на основе многофакторного численного эксперимента, что в конечном итоге позволит повысить качество выпускаемой продукции. А это в конечном итоге сделает продукцию данного предприятия весьма привлекательной для потребителя.



# ПОДХОД К СОЗДАНИЮ БАЗЫ ДАННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДОКОЛЬЦЕВЫХ ВАКУУМНЫХ НАСОСОВ

*В.Б. Любич, В.Ю. Бурмака*

Для повышения качества выпускаемых водокольцевых вакуумных насосов требуется применение в САПР уточненных математических моделей, для чего требуется выполнить целый спектр экспериментальных исследований при различных режимах работы с целью получения обобщенных эмпирических коэффициентов.

Программа экспериментальных исследований включает в себя определение расходных и энергетических характеристик машины; определение зависимостей изменения температур газа и рабочей жидкости от режима работы машины; получение картины поля скоростей и давлений в серповидном безлопаточном пространстве, определение давления в межлопаточных ячейках ротора, определение формы поверхности внутреннего очертания жидкостного кольца при работе ЖКМ с различными окружными скоростями вращения рабочего колеса, эксцентриситета, подачами рабочей жидкости.

Для наилучшей обработки экспериментальных данных необходимо их представить в структурированном виде, что позволяет обрабатывать их с применением методов реляционной алгебры. Данная возможность реализуется с применением баз данных. Процесс интеграции данных требует многоуровневой клиент - серверной архитектуры построения приложений.

Преимущества технологии клиент – сервер заключаются в следующем: сокращается время на обработку больших массивов данных; допускается множественный доступ к данным; устанавливаются правила целостности для всей базы данных; обеспечивается "разделение труда" между клиентом и сервером; уменьшается нагрузка на компьютерную сеть.

Клиентская часть реализована в Borland Delphi 7 Enterprise. Данный программный продукт поддерживает новейшие технологические стандарты в области разработки приложений для баз данных. Для доступа к данным использовались универсальные компоненты DBExpress, которые позволяют работать с такими широко распространенными серверами баз данных, как InterBase, входящая в комплект поставки Borland Delphi, DB2, Informix, MSSQL, MySQL, Oracle. Имеется возможность переноса программного продукта на Linux/FreeBSD платформу средствами Borland Kylix без изменения программного кода, что делает разработку независимой от платформы.

Использование свободно распространяемой операционной системы семейства Linux и условно бесплатной СУБД FireBird позволяет избежать дополнительных затрат на лицензирование, что делает разработку более универсальной и конкурентоспособной.

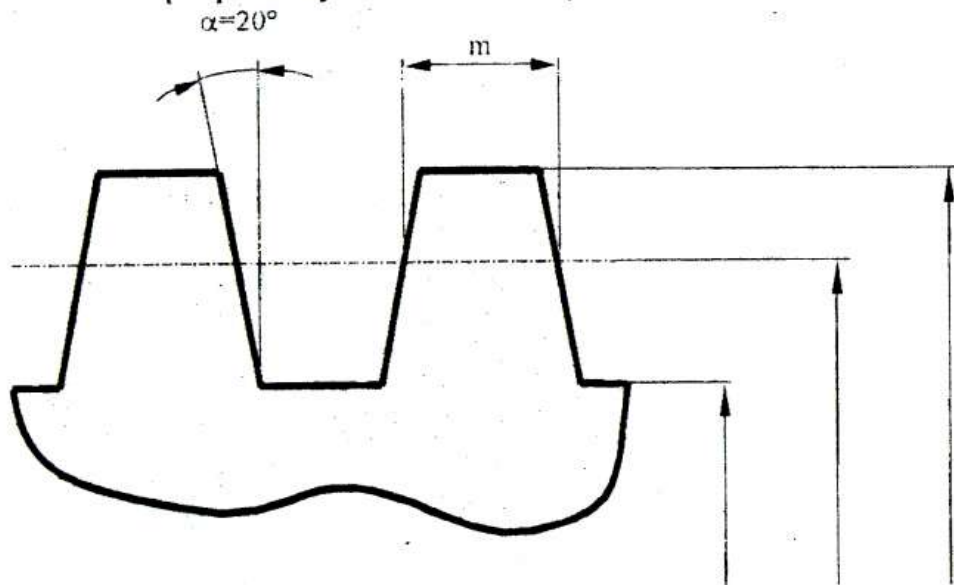


# ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА

С.А. Щеглов

На современном этапе развития машиностроения Украины среди многих проблем, стоящих перед инженерами-конструкторами, следует выделить как одну из первоочередных необходимость рационального использования материала при изготовлении любого изделия. При этом требуемые рабочие характеристики агрегата должны быть не хуже требуемых параметров, указанных в техническом задании. Для решения этой проблемы используется математический аппарат и соответствующие программные средства оптимизации регламентированных характеристик изделия. В качестве объекта оптимизации в данной работе выбран рабочий орган шестеренного насоса.

Для определения объема перекачиваемой жидкости составим математическую модель шестерни. В качестве исходных параметров используются модуль  $m$  и число зубьев  $z$ . Для упрощения расчетов эвольвентный профиль зуба заменим трапециидальным.



Объем рабочей камеры без учета объема, занимаемого зубьями:

$$V_p = 2K \cdot b \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_a^2 - d_f^2);$$

где  $K_1$  – коэффициент, учитывающий влияние перекрытия зубьев;

$d_a$  – наружный диаметр шестерни,  $d_a = m \cdot (z + 2)$ ;

$d_f$  – диаметр окружности впадин,  $d_f = m \cdot (z - 2.5)$ ;

$b$  – ширина рабочей камеры.

Таким образом, после преобразования целевая функция приобретает

вид:



$$V_p = \frac{\pi}{2} \cdot m^2 \cdot K \cdot b \cdot (9z - 2.5).$$

Объем, занимаемый одним зубом:

$$V_z = 2.25 \cdot m^2 \cdot b.$$

Суммарный объем, занимаемый зубьями:

$$V_{\Sigma} = 4.5 \cdot m^2 \cdot z \cdot b.$$

Объем рабочей камеры с учетом зубьев и их перекрытия:

$$V_{PK} = m^2 \cdot b \cdot \left( \frac{\pi}{2} \cdot K \cdot (9z - 2.25) - 4.5z \right).$$

Приняв делительный диаметр шестерен постоянным, определим влияние модуля и числа зубьев на объем рабочей камеры. В случае некорригированных шестерен  $d = m \cdot z$ . Применив указанное преобразование, получаем целевую функцию в виде:

$$V_{PK} = m^2 \cdot b \cdot \left( \frac{\pi}{2} \cdot K \cdot \left( 9 \frac{d}{m} - 2.25 \right) - 4.5 \frac{d}{m} \right).$$

Принимая  $K=0,95$ ,  $d=100$  мм,  $b=50$  мм проводим анализ функции  $V_{PK} = f(m)$  для стандартных значений модуля. Результаты расчетов заносим в таблицу 1.

Таблица 1

m	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,25
z	400	333	250	200	167	143	125	100	80
$V_{PK}$	11144	13370	17820	22267	26710	31150	35587	44450	55510
m	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0
z	67	50	40	33	25	20	17	13	10
$V_{PK}$	66549	88564	110495	132342	175785	218893	261664	346201	429396
m	12,0	16	20	25	32	40	50		
z	8	6	5	4	3	3	2		
$V_{PK}$	511248	670925	825233	1010566	1255939	1516230	1811391		

Анализируя результаты приходим к выводу, что увеличение модуля зубчатых колес приводит к увеличению объема рабочей камеры, что, соответственно, уменьшает габаритные размеры рабочего агрегата. Существенным ограничением является уменьшение числа зубьев, что может привести к потере рабочих параметров, в частности – объемного КПД.



# СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ КЛАССИФИКАЦИИ ЦИЛИНДРОВОЙ ГРУППЫ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

*А.С. Баранов, В.Г. Концевич*

Компрессорное оборудование широко применяется в различных отраслях народного хозяйства, т.к. они составляют основу технологического оборудования химических производств, используются при добыче и переработке нефти, в транспортировке природного газа, широко применяются в холодильной технике и технике разделения газов, во всех видах транспорта, подают сжатый воздух для привода пневматического оборудования и т. д. Этот факт свидетельствует о важности компрессоров в развитии народного хозяйства.

С внедрением в производство компьютерной техники стало возможным 3D-моделирование и параметризация, которая имеет существенные преимущества в сравнении со старыми способами конструкторско-технической подготовки производства, например: с их помощью значительно уменьшается время, затрачиваемое для разработки конструкторской документации связанной с цилиндровой группой в данном случае и всей конструкторской документацией; визуализация конструкции проектируемого изделия, позволяющая донести особенности конструкции изделия ко всем этапам производства, и др.

Разрабатываемая классификация конструкции цилиндров поршневых компрессоров обеспечит создание параметрических конструкций на основе девяти базовых конструкций:

- индивидуальных и блок-картерных,
- с водяным и воздушным охлаждением,
- простого и двойного действия
- дифференциальных
- индивидуальные и комбинированные клапана. Конструктивные

формы цилиндров поршневых компрессоров

многообразны и определяются следующими основными факторами: схемой компрессора, величиной максимального рабочего давления, устройством охлаждения, родом сжимаемого газа. При проектировании учитывают материал цилиндров, а также оборудование завода-изготовителя. По конструктивному устройству цилиндры бывают одно-, двух- и трехстенными. По материалу изготовления цилиндры бывают 2-х типов: стальные и чугунные.

Предполагается, что разработанная классификация ляжет в основу базы 3D-параметрических моделей, для применения в САПР поршневых компрессоров общего назначения, выпускаемых ВНИИкомпрессормаш.



# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ КОМПРЕССОРА

*А.А. Беков*

Цель: Совершенствование методологии проектирования поршневой группы (ПГ), получение параметрической модели на основе использования новых информационных технологий.

Указанная цель достигается путем решения следующих задач:

– проведение системного анализа процесса проектирования ПГ (на СМНПО им. М.В. Фрунзе).

– выбор эффективного программного обеспечения для решения поставленных задач

– создание системы автоматизированного расчета ПГ.

– разработка параметрической модели ПГ, используя в качестве параметрического инструмента выбранное ПО.

– обеспечения возможности вариантного проектирования.

– разработка шаблонов конструкторской документации (пояснительных записок, спецификаций, чертежей, типовых технологических процессов).

Актуальность:

1. Обеспечение технологичности конструкции на стадии моделирования.

2. Ускорение разработки конструкторско-технологической документации.

3. Использование преимуществ твердотельного моделирования.

4. Параллельное создание баз данных геометрических образов, с возможностью модернизации и последующем использовании на производстве.

Разработанная на базе Pro/Engineer САПР с использованием вариантного проектирования и разработанной базой данных геометрических образов в полной мере может облегчить работу конструктора по проектированию поршневой группы на компрессорном производстве.

Разработанная САПР имеет за основу модель поршневой группы со сварным поршнем. Планируется пополнение базы данных геометрических образов поршневых групп.



# РАЗРАБОТКА САПР МЕХАНИЗМА РАЗВЕРТКИ ДЛЯ СПЕКТРОФОТОМЕТРА

*Р.С. Братушка*

Данная работа выполнена по заказу АО «SELMI», выпускающему спектрофотометры, поэтому автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства этой продукции актуальна.

Метод масс-спектрометрии является практически единственным методом прецизионного измерения масс атомов и молекул, и определения дефектов масс в ядерной физике и технике. Масс-спектрометрией успешно решены проблемы анализа изотопного состава обогащенных смесей, разделения микроколичеств изотопов, разделение их по массе, определение периода полураспада анализа искусственных стабильных и радиоактивных изотопов, изучения ядерных реакций.

Механизм развертки необходим для обеспечения движения оптики спектрофотометра - конечный винт должен совершать поступательное движение, измеряемое в нанометрах, а точность изготовления деталей должна быть очень высокой, поэтому необходим поверочный расчет геометрии цилиндрических и конического зубчатого зацепления для определения угла свободного хода при реверсировании направления вращения.

В состав САПР входит разработанная параметрическая 3-D модель механизма развертки, которая включает в себя два редуктора, коническую и цилиндрические передачи, а также программа расчета, разработанная в среде Delphi.

Входными параметрами являются данные из технического задания (модуль зацепления, частота вращения вала двигателя, передаточное число и др.). В результате выполнения расчетов, полученные геометрические параметры (диаметры колес и шестерни, ширина колеса и шестерни, межосевое расстояние и др) могут быть сохранены в txt-файл, что обеспечивает возможность импорта данных в пакет Компас 3D для разработки конструкторско-технической документации (рабочие чертежи, спецификации, различного рода ведомости, описание технологических процессов и маршрутизация).

В данный момент имеется параметризация отдельных частей механизма развертки (из-за большого объема работы). В дальнейшем предполагается завершение изготовления программного продукта с выполнением всех требований предприятия.



# СОЗДАНИЕ АРХИВА КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ КАФЕДРЫ ИТП НА БАЗЕ СУБД ORACLE

*Д.Р. Гаврилюк*

В результате конструкторско-технологической подготовки производства к выпуску нового изделия создается разнообразная документация, которая в зависимости от сложности и объемов проектных работ, представляет собой тысячи файлов с информацией.

Согласно общепринятому способу хранения такой документации она хранится на файловых серверах. Для систематизации хранящейся информации по каждому отдельному проекту создается папка с соответствующим названием. Но если работа сложна и разделена между группой работников (отделов), то необходимо в каждой папке создать дополнительно еще папки по разделенным частям работы. При длительном использовании такого способа хранения документации количество папок и степень их вложенности возрастает, что значительно усложняет поиск необходимой документации.

Использование современных информационных технологий позволяет предложить иной способ хранения документации на основе сервера баз данных. Поиск информации, проведенный в Интернет позволил сделать вывод, что требуемые решения существуют на основе SQL-сервера, или других аналогичных, но все они являются составной частью более сложных и дорогостоящих программных продуктов.

Ранее задача была решена на основе SQL-сервера InterBase. Но, в ходе тестирования была выявлена слабость защиты информации данным сервером баз данных, поэтому в качестве сервера БД был выбран Oracle.

При разработке серверной части, использованы следующие атрибуты: по типу файлов, разработчику, дате создания, тип работ, отношению к тому или иному проекту.

По правам доступа пользователи разделены на три группы:

- администраторы - право на внесения изменений в конфигурацию БД;
- преподаватели - право просмотра всей хранящейся в базе документации;
- студенты - право просмотра собственной и консультативной документации.

В свою очередь данные группы могут иметь свою определенную градацию, позволяющую расширить/ограничить права конечных пользователей.

Имеющийся опыт использования InterBase показал, что при внесении большого числа документации, файлы базы данных занимают много места на носители информации, поэтому в Oracle файлы при внесении в файловый архив будут упаковываться, а при извлечении из него распаковываться.



# РОЗРОБКА ПРОГРАМИ МАКРОМОДЕЛЮВАННЯ

*Р.С. Даниленко*

В ієрархії математичних моделей, що використовуються на етапах зовнішнього проектування та початкових етапах внутрішнього проектування, важливе місце посідають макромоделі технічних об'єктів та процесів, що у них протікають. Розробка програмних засобів для такого рівня проектування є важливою задачею, оскільки вони є однією із центральних ланок САПР. З іншого боку, у сучасних умовах найбільшого ефекту від застосування САПР можна досягнути за умови використання інтегрованих рішень. Перш за все інтегрування виконується на основі узгодження інформаційних моделей технічних об'єктів, розроблених для їх характерних представників – параметризованих моделей типових об'єктів.

Оскільки макромоделі використовуються для аналізу та проведення оптимізації з метою прийняття проектних рішень, то для раціонального використання програмних засобів необхідно мати їх відкритий код, для узгодження вхідної та вихідної інформації. Цей фактор зумовлює необхідність розробки власного програмного коду. Математичне ядро програми макромоделювання в СумДУ вже розроблене і пройшло достатньо повне випробування. У його основу закладено об'єктно-орієнтовану технологію проектування як таку, що дозволяє проводити зручним чином розширення та удосконалення.

Раціональне поєднання універсальності програми макромоделювання та максимальне наближення її до конкретних споживачів-проектантів із виробництва вимагає розробки спеціального інтерфейсу. З одного боку він повинен бути максимально наближеним до предметної області, мати зв'язок із базами даних проектного відділу, а з іншого – дозволяти роботу програми в автоматичному режимі та у складі програмних засобів оптимізації та прийняття рішень.

Проблема впровадження програм макромоделювання у проектну практику, наближення вводу даних та виводу результатів до споживача може бути вирішена шляхом раціонального поєднання еквівалентних та принципівних схем і конструктивних проектних рішень. Графічне зображення моделі передбачається максимально приближене до того, як це виконується відповідно до потреб проектантів. Для зміни роботи режимів програми використана технологія INI- файлів та управління ініціалізацією та виводом вікон програми, а також узгоджена схема передачі даних між складовими через файлову систему та оперативну пам'ять.

Використання розробленої програми дозволить суттєво підвищити якість роботи проектантів і розробляти значно кращі зразки машинобудівної продукції за рахунок поєднання одночасної розробки конструкції та її аналізу.



# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

*М.В. Иващенко, В.Г. Концевич*

Целью данной работы являлась разработка оптимальной и органичной системы, диагностики аппаратной части компьютера используя системный и логический подход.

В процессе выполнения работы был произведен подбор необходимых программных продуктов для диагностики внутренних устройств компьютера. Экспериментальная апробация подобранных утилит была направлена на выбор эффективного и достойного простого в использовании программного обеспечения.

Актуальность проведенного исследования состоит в том, что на сегодняшний день не существует единого комплекса программ или единого программного продукта, который поддерживал бы мониторинг всех составляющих компьютерной системы.

Персональный компьютер имеет модульную архитектуру. В основе конструкции микропроцессор с подключенными к нему компонентами, обеспечивающие, взаимодействие с микропроцессором и пересылку данных.

Модульная природа компьютера делает процесс поиска ошибок относительно простым. Большинство процедур диагностики нуждаются в систематическом исполнении и требуют логического подхода.

В данной работе персональный компьютер и все его периферийные устройства рассматривались как совокупность «черных ящиков» для полной локализации, возникшей проблемы.

Выбор необходимых утилит для создания комплексной системы мониторинга рассматривалось следующее программное обеспечение:

- диагностики жесткого диска (утилиты по восстановлению информации, дефрагментации диска, форматирования диска, работа с поверхностью диска).
- по диагностики процессора.
- по диагностики видеосистемы.
- по диагностики оперативной памяти.
- по комплексной диагностики.

Выбранные утилиты мониторинга и обслуживания внутренних устройств персонального компьютера в дальнейшем будут объединены в единый комплекс путем создания соответствующего пользовательского интерфейса, и сопровождаться руководством по применению, реализованном в виде встроенной подсказки (Help).



# СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

*Р.Ю. Ковчун, А.И. Овсянко,*

Система контроля знаний «IT-testing» предназначена для организации автоматизированного обучения и контроля знаний по различным дисциплинам и информационного обеспечения учебного процесса с использованием персональных компьютеров. «IT-testing» является универсальной системой, не ориентированной на конкретную предметную область знаний.

• Система поддерживает четыре основных канонических типа тестовых заданий:

- выбор одного из альтернативных ответов;
- формирование правильной последовательности действий;
- установление соответствия между объектами;
- ввод пропущенного слова или дополнение предложения.
- «IT-testing» обеспечивает следующие режимы работы и функции:
- хранение всех необходимых данных о тестируемых лицах в базе данных;
- основные режимы работы: ознакомление, обучение, экзамен и пересдача;
- предъявление заданий и предлагаемых вариантов ответов на экран в случайной последовательности;
- выдача итогового протокола на экран и на принтер;
- вывод на печать исходных сборников тестовых заданий.

Программа для создания, редактирования тестов и проведения тестирования «IT – testing» разрабатывалась на языке высокого уровня программирования Object Pascal в среде визуального программирования Borland Delphi 7.0. После компиляции работает как выполняемый файл. Программа не требует инсталляции и может быть скопирована на любой персональный компьютер без среды Borland.

Средства Delphi позволили разработать такой интерфейс приложения, который нагляден и удобен в использовании.

Тестовая программа дает возможность выполнять тесты из любой области знаний. Вопросы выбираются из базы данных тестовых файлов, в произвольном порядке при помощи функции случайного выбора, обеспечиваемого средой Borland Delphi.

Основными характеристиками тестовой программы являются:

- локальная работа в сети;
- одновременное тестирование большого количества пользователей;
- неограниченное количество тестов, тем, вопросов и вариантов ответов на них;
- отсутствие необходимости установки системы на каждый компьютер;
- возможность создавать и редактировать тесты в удобном конструкторе тестов TestEditor.



# ПРЕИМУЩЕСТВА КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

*А.Н. Овсянко, Р.Ю. Ковчун*

С целью обеспечения учебного процесса на кафедре Информационных технологий проектирования Сумского государственного университета преподавателями применяются различные тестовые программы, как созданные непосредственно на кафедре при участии студентов, так и приобретенные на стороне. Это избавляет студентов от предвзятого отношения преподавателей.

Хорошо известно, как плохие отношения с преподавателем отражаются на результате экзамена или зачета. При компьютерном тестировании такого не может быть. Оценка выставляет компьютер, основываясь на результатах тестирования. Определённому баллу соответствует определённое количество правильных ответов на вопросы теста. Программа теста построена таким образом, что она охватывает все области изучаемого предмета, а процент случайного попадания в правильный ответ снижен до необходимого минимума. Тем самым студент может быть уверен в том, что если он изучил материал достаточно хорошо, то он получит соответствующую положительную оценку.

Контроль знаний является неотъемлемой частью процесса обучения, особенно если рассматривать этот процесс как технологический, т.е. обеспечивающий при определенных условиях гарантированное достижение поставленной цели. Для эффективного применения тестирования необходимо иметь возможность создавать достаточно большое количество разнообразных вариантов теста в условиях ограниченного времени, а также уметь производить анализ результатов тестирования. Первое требование обусловлено тем, что при слишком малом количестве вариантов надежность теста становится недопустимо низкой в результате списывания, кроме того, эта проблема усугубляется тем, что в большинстве случаев тест используется многократно. Второе требование связано с тем, что создание тестов - процесс существенно итеративный, и для успешной разработки тестов необходимо уметь извлекать скрытую информацию из результатов тестирования.

Программные средства учебного назначения позволяют выполнять в процессе тестирования либо обучения следующие основные функции:

- индивидуализировать и дифференцировать процесс обучения;
- осуществлять контроль с диагностикой ошибок и с обратной связью;
- осуществлять самоконтроль и самокоррекцию учебной деятельности;
- высвободить учебное время за счет выполнения компьютером трудоемких рутинных вычислительных работ;
- визуализировать учебную информацию;
- формировать умение принимать оптимальное решение в различных ситуациях;
- развивать определенный вид мышления (например, наглядно-образного, теоретического).



# АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ СХЕМ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

†

*О.В. Ридченко*

Цель: автоматизировать процесс разработки схем компрессорных установок, сократить временные затраты, реализовать уточненные расчеты геометрических характеристик и расчеты на прочность определенных узлов.

Указанная цель достигается с помощью:

- проведения анализа существующего процесса разработки схем, определения этапов для автоматизации;
- создания базы данных визуальных 2D-объектов с возможностью редактирования и добавления новых;
- программной реализации расчетов как для схемы в целом, так и для отдельных ее элементов;
- разработки универсального интерфейса для работы и хранения данных;
- создания базы данных нормализованных и стандартизированных изделий, применение которых обуславливается ГОСТ, ДСТУ, СТП, РД;

Актуальность:

1. Сокращение временных затрат в процессе разработки схем.
2. Использование единого хранилища данных.
3. Проведение прочностных расчетов ответственных узлов компрессорных установок.
4. Уменьшение погрешности при определении геометрических характеристик узлов компрессорных установок:

Разработанная на базе Autodesk AutoCad, с использованием AutoLisp и Dialog Control Language, система позволяет существенно автоматизировать процесс создания схем компрессорных установок. Кроме сокращения временных затрат непосредственно на разработку схемы, система позволит определенным образом объединить задачи, в данный момент решаемые на производстве инженером-конструктором и инженером-расчетчиком, а так же с большей точностью позволит рассчитывать характеристики ответственных узлов.



# ИНФОРМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

*М.А. Туренко*

Данный доклад посвящен системному анализу поршневых компрессоров, как одного из подвида объемных компрессоров, процесс сжатия в которых происходит периодически из-за того, что изменение объема рабочей полости осуществляется поршнем. Преобразование вращательного движения вала приводного двигателя в возвратно-поступательное прямолинейное движение поршня осуществляется кривошипно-шатунным, кулисным или кулачковым механизмом.

Круг расчетов, выполняемых с помощью моделей компрессоров, охватывает самые разные характеристики: статические, динамические, энергетические, прочностные, акустические, термодинамические, характеристики надежности, трибологические, гидро-аэро динамические и др.

До настоящего времени проектирование ПК производилось по методологии, основанной на принципе независимости, согласно которой выделялись самые важные, наиболее сильно влияющие на производительность и мощность факторы. Затем учитывалось влияние каждого из этих основных факторов по отдельности на рабочие характеристики ПК, полагая, что другие факторы не связаны с исследуемым. При изучении влияния какого-либо фактора на мощность (работу) или производительность предполагалось, что влияние других факторов отсутствует вообще. При расчете производительности и мощности компрессора учитывались суммарное влияние основных факторов на эти характеристики.

Системный подход к моделированию реального процесса требует, чтобы исследование или разработка любой сложной системы начинались с функционального анализа и моделирования как системы в целом, так и всех ее подсистем. Разработанная для этой цели методология IDEF0, представляет собой совокупность методов, правил и процедур, предназначенных для построения функциональной структуры сложных иерархических систем. Эта методология используется для определения требований и функций, как на начальных этапах проектирования, так и на этапах рабочего проектирования систем, специфицированных с помощью IDEF0.

Основной принцип функционального моделирования систем, состоит в их пошаговой нисходящей декомпозиции до уровня, обеспечивающий реализацию сформулированной цели моделирования. Каждый шаг декомпозиции соответствует некоторому уровню абстрактности представления системы.

В ряде случаев функциональный анализ ТО с помощью диаграмм IDEF0 может быть затруднителен или неудобен.



# РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ПРОТОТИПА ТИПОРАЗМЕРА НАСОСНОГО АГРЕГАТА

*О.П. Черняк*

Современные информационные технологии позволяют получить своевременную достоверную информацию, создать условия для организации автоматизированных офисов проведения, с применением компьютеров и средств. Безбумажные технологии используют организационные формы применения вычислительной техники.

Данная работа выполнена по предложению ОАО ВНИИАЭН. Объектом разработки является система автоматизации этапа предпроектной разработки технического задания. Определение прототипа типоразмера насосного агрегата необходимо для того, чтобы в дальнейшем правильно выстроить ход конструкторско-технологической разработки насосного агрегата. В настоящее время вся процедура выбора занимает большой промежуток времени: предприятие-заказчик объявляет тендер на создание насосного агрегата, предприятие-разработчик подает заявку на участие в нем; главные конструкторы нескольких отделов определяют, какая работа должна быть проведена при создании этого проекта. Процесс выбора прототипа не автоматизирован до настоящего времени и осуществляется вручную: сотрудники отделов методом сравнения выбирают из архива ранее разработанных на предприятии проектов наиболее соответствующий требованиям заказчика насосный агрегат. В результате выше проделанных работ должен быть представлен проект насосного агрегата максимально соответствующий заданными характеристикам.

Разработанная информационная система позволяет автоматизировать этап выбора прототипа путем сравнения заданных в ТЗ технических требований к насосному агрегату с техническими требованиями хранящихся в электронной базе ранее спроектированных проектно-конструкторских разработок.

За прототип предлагаемой ИС была взята система англоязычная PROS+ Launchpad, но он не применим в условиях нашего государства, так как в настоящее время система индексации проектов существенно отличается от зарубежных. Данная информационная система не имеет русскоязычных аналогов и является уникальной для предприятий насосостроительной отрасли. Ее внедрение позволит сократить время, затрачиваемое на сравнение заданных заказчиком технических требований с теми требованиями, которыми обладают ранее разработанные на данном предприятии насосные агрегаты. Сокращение времени, затрачиваемого на сравнительный анализ, приведет к сокращению затрат на подготовительный этап к проведению проектно-конструкторских разработок, а, значит, и к снижению полной себестоимости проекта.



# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ РАЗРАБОТКИ САПР НА БАЗЕ ПАКЕТА ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ INVENTOR SERIES 9 PROFESSIONAL

*Н.В. Шелих*

Цель: Разрешение проблем использования САПР технологий на базе пакета твердотельного моделирования Autodesk inventor в условиях современного производства. Выявление преимуществ технологии трехмерного моделирования.

Краткий обзор доклада:

Автоматизация проектирования - эффективна, когда от автоматизации выполнения отдельных инженерных расчетов переходят к комплексной автоматизации, создавая для этой цели САПР.

При создании и развитии САПР применяются следующие принципы: включения, системного единства, развития, комплексности информативного единства, совместимости, инвариантности. Системный подход к разработке САПР позволяет выделить 5 основных этапов: проектирования и конструирования изделия; получение рабочей конструкторской документации; математический эксперимент; проектирование технологических процессов; подготовка полных полученных данных.

В мире 2D проектирования целевой функцией является получение чертежей, которые являются лишь одним из способов представления реального изделия. При 3D моделировании целевая функция - получение твердотельной модели, содержащей информацию не только о геометрическом образе, но и внутренних свойствах детали.

Актуальность:

1. Ускорение разработки конструкторско-технологической документации.
2. Параллельное создание баз данных геометрических образов, с возможностью модернизации и последующем использовании на производстве
3. Использование преимуществ твердотельного моделирования.
4. Возможность реализации комплексной автоматизации на современном производстве.
5. Autodesk Inventor является наиболее приемлемым инструментом для изучения САПР в учебном процессе.

Вывод: За последние годы складывается ситуация острой необходимости использовать САПР технологий, которые могут увеличить прибыль и обеспечить конкурентную способность продукции. Однако при выборе программного продукта не следует руководствоваться только ценовыми факторами и широкими возможностями ПО, а потребностями конкретного производства и стоимостью совокупного владения.



# СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ КЛАССИФИКАЦИИ ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

*А.В. Шинко, В.Г. Концевич*

Компрессорное оборудование широко применяется в различных отраслях народного хозяйства, т.к. они составляют основу технологического оборудования химических производств, используется при добыче и переработке нефти, в транспортировке природного газа, широко применяются в холодильной технике и технике разделения газов, во всех видах транспорта, подают сжатый воздух для привода пневматического оборудования и т.д.

С внедрением в производство компьютерной техники стало возможным 3D-моделирование и параметризация, которая имеет существенные преимущества в сравнении со старыми способами конструкторско-технической подготовки производства, например: с их помощью значительно уменьшается время, затрачиваемое для разработки конструкторской документации, связанной с поршневой группой в данном случае и всей конструкторской документацией; визуализация конструкции проектируемого изделия, позволяющая донести особенности конструкции изделия ко всем этапам производства, и др.

Разрабатываемая классификация конструкции поршней поршневых компрессоров обеспечит создание параметрических конструкций на основе таких базовых конструкций:

- типа базы компрессора,
- конструкции шатунной группы,
- характеристики ступени компрессора.

Конструктивные формы поршней поршневых компрессоров многообразны и определяются следующими основными факторами: схемой компрессора, величиной максимального рабочего давления, устройством охлаждения, родом сжимаемого газа. При проектировании учитывают материал поршней, а также оборудование завода-изготовителя. По конструктивному устройству поршни бывают 3-х типов: тронковые, дисковые и дифференциальные. Но возник нерешенный на данный момент вопрос о разделении конструкций поршней на дисковые и дифференциальные типы. По материалу изготовления поршни бывают чугунные или из специальных алюминиевых сплавов.

Предполагается, что разработанная классификация ляжет в основу базы 3-D-параметрических моделей, для применения в САПР поршневых компрессоров общего назначения, выпускаемых ВНИИкомпрессормаш.



# СОЗДАНИЕ РЯДА ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОРПУСОВ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА

*А. В. Ярьско*

Широкое развитие в нашей стране металлургической, химической, газовой и нефтеперерабатывающей промышленности, производства полимеров и других материалов требует создания экономичных компрессорных машин. Именно к таким относятся центробежные компрессоры, имеющие существенные преимущества над другими типами компрессоров:

1. Компактность и меньшую массу машин, что обусловлено непрерывностью потока газа и большой скоростью при течении его через машину.

2. Надежность в работе и долговечность вследствие почти полного отсутствия износа (при работе на чистых газах), так как единственными трущимися узлами являются подшипники.

3. Хорошая уравновешенность, отсутствие инерционных сил при работе, легкость фундаментов.

4. Равномерность подачи газа и отсутствие в нем смазочного масла.

5. Возможность непосредственного соединения (без промежуточной передачи) с высокооборотным двигателем — турбиной, при большой производительности с электродвигателем обычного типа, а при малой — с высокочастотным электродвигателем. Это позволяет сделать агрегат компактным и повышает его к. п. д.

Компьютерная техника, эффективное программное обеспечение и информационные технологии в целом, при грамотном внедрении и использовании их на предприятии, позволяют обеспечить существенную экономическую выгоду и значительно повысить эффективность инженерно — конструкторских работ.

Используя метод параметрического твердотельного моделирования (параметризация — использование различных связей между компонентами модели и приложениями, использующими модели) возможно устранять ошибки на ранних стадиях разработки, выполнять анализ проекта до появления опытного образца, автоматически строить чертежи и спецификации и т. д., тем самым сокращая время на разработку и проектирование как самого корпуса, так и центробежного компрессора в целом.



# РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ЦИЛИНДРОВ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ НА ОСНОВЕ ИХ КЛАССИФИКАЦИИ ПО КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ

*С.В. Глущенко*

В настоящее время промышленность, народное хозяйство все больше и больше нуждаются в продуктах машиностроения. И продукты компрессорного производства не исключение. Ввиду того, что спрос диктует конкуренцию производств одного и того же профиля продукции, совершенствуется и компрессорное производство, возникает необходимость упрощения и автоматизации производства, а в особенности создания конструкторской и технологической документации.

Одним из путей решения одной из данных проблем можно выделить параметризацию деталей (сборочных единиц) компрессора в электронном виде, что требует конкретной классификации деталей по конструкторскому и технологическому принципу. К примеру, ниже приведена классификация цилиндров поршневых компрессоров, где учитываются основные категории прямого или косвенного влияния различных параметров на конструктивные особенности цилиндров.

1 Индивидуальные, блок-картерные, дифференциальные.

2 По давлению:

2.1 Низкого давления:

2.1.1 До  $7 \text{ МН/м}^2$  - материал - серый и легированный чугун.

2.1.1 До  $12 \text{ МН/м}^2$  - материал - магниевый чугун.

2.2 Среднего давления до  $25 \text{ МН/м}^2$  - материал сталь.

2.3 Высокого давления:

2.3.1 До  $40 \text{ МН/м}^2$  - материал кованая углеродистая сталь.

2.3.2 Свыше  $40 \text{ МН/м}^2$  - материал кованая легированная сталь.

3 По материалу:

3.1 Чугунные (Составные цилиндры (корпус, две конические крышки, мокрая втулка), отдельные цилиндры, блочные цилиндры, с отъемной головкой).

3.2 Стальные:

По способу изготовления заготовок:

3.2.1 Литые (цельные, в зависимости от образования каналов: выполняют в литье, привариваются трубы)

3.2.2 Кованные:

3.2.2.1 В зависимости от размеров:

3.2.2.1.1 Больших размеров – сварные (составные).

3.2.2.1.2 Малых размеров – цельные.

3.2.2.2 В зависимости от давления:



3.2.2.2.1 Привариваются трубы.

3.2.2.2.2 Высверливаются отверстия.

4 По методу действия (простого, двойного).

5 По виду охлаждения:

5.1 Воздушное:

5.1.1 Одностенные оребренные.

5.1.2 Одностенные оребренные с усилением.

5.2 Водяное (двустенные, трехстенные).

6 Наличие втулок:

6.1 Без втулок:

6.1.1 Класс чистоты обработки зеркала цилиндра низкого давления не ниже 8.

6.1.2 Класс чистоты обработки зеркала цилиндра с его диаметром выше 700 мм не ниже 6-7.

6.1.3 Класс чистоты обработки зеркала цилиндра среднего и высокого давления 9-10.

6.2 С втулками:

6.2.1 С фиксирующим буртом.

6.2.2 Гладкие без упора.

7 Фактор клапанов:

7.1 Наличие клапанов в цилиндре:

7.1.1 Клапаны расположены в цилиндре:

Расположение оси клапана относительно оси цилиндра

7.1.1.1 Перпендикулярное.

7.1.1.2 Параллельное.

7.1.1.3 Радиальное:

7.1.1.3.1 Окно гнезда клапана с непосредственным выходом в полость цилиндра.

7.1.1.3.2 Гнездо с переходным конусом, что заканчивается овальным окном.

7.1.1.3.3 Наклонное.

7.1.2 Без клапанов

7.2 Количество клапанов:

7.2.1 Всасывающий и 1 нагнетающий.

7.2.2 Всасывающих и 2 нагнетающих.

7.2.3 Всасывающих и 3 нагнетающих.

7.2.4 Всасывающих и 4 нагнетающих.

7.2.5 Всасывающих и 5 нагнетающих.

8 Наличие патрубков (с патрубками, без патрубков).

Приведенная классификация цилиндров поршневых компрессоров показывает, что необходима разработка, по крайней мере, 10 базовых параметрических моделей.



## З М І С Т

### ПРОЦЕСИ І ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ТА НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

Артюхов А.Є., Склабінський В.І. Перспективи розвитку малогабаритного грануляційного обладнання вихрового типу в сучасній хімічній промисловості . . . . .	. 4
Вакал Д.Ю., Врагов А.П. Абсорбционная осушка и очистка природного газа гликолями . . . . .	. 5
Голубков Я.И., Врагов А.П.. Оптимизация параметров процесса кристаллизации в двухсекционном классифицирующем кристаллизаторе . . . . .	. 6
Врагов А.П., Ясырев В.П. Отбензинивание попутных нефтяных газов методами масляной абсорбции . . . . .	. 7
Дзекунова А.А., Михайловский Я.Э. Особенности расчета абсорбционных колонн для получения разбавленной азотной кислоты . . . . .	. 8
Замковая И.В., Колесник Ю.Э., Михайловский Я.Э. Применение метанола для борьбы с гидратами и его регенерация в газопереработке . . . . .	. 9
Логвин А.В., Якушко С.И. Усовершенствование конструкции биогазового реактора . . . . .	. 10
Заровняя О.І., Смірнов В.А., Стороженко В.Я. Гідродинамічні дослідження насадки з поперечним перерозподілом фаз . . . . .	. 11
Стеценко А.С., Артюхов А.Є. Інтенсифікація процесу гранулювання у вихрових апаратах псевдозрідженого шару . . . . .	. 12
Маренок С.М. Методы получения крупнокристаллических солей и конструкции кристаллизаторов . . . . .	. 13
Гевлич Е.А. Оптимизация основных параметров работы контактного аппарата сернокислотного производства в	



зависимости от типа катализатора . . . . .	.14
Яхненко С.М. Техническая диагностика в химическом машиностроении и особенности ее проведения . . . . .	.15
Ляпощенко О.О., Склабінський В.І. Перспективи розвитку сепараційної техніки нафтогазової промисловості . . . . .	.16
Маренок В.М. Комп'ютерне моделювання гідродинаміки внутрішнього простору вихрового гранулятора . . . . .	.17
Кононенко Н.П., Покотыло В.Н., Батюк Л.Н. Улучшение качества продукции, получаемой на модернизированных грануляторах . . . . .	.18
Кононенко Н.П., Михайлова Т.В., Колесникова В.Г., Спильниченко Г.П. Сравнительные испытания грануляторов типов ВВГ и АВ . . . . .	.19
Рыбкин И.Е., Вакал С.В., Мирошниченко В.Н. Выбор параметров вибрационной системы для грануляторов плава . . . . .	.21

## Х І М І Я

Павленко А.А., Миронович Л.М. Проблема утилизации отходов на основе полиэтилентерефталата . . . . .	.23
Ефименко С.М., Полетавкин А.В., Миронович Л.М. 3-амино(гидразино)-5-оксо-6-R-2H-1,2,4-триазины в реакциях нуклеофильного замещения . . . . .	.24
Никозять Ю.Б., Миронович Л.М. Пленкообразование $\alpha, \omega$ -бис-(винил-О-фталатэтиленокси)этилена в присутствии инициаторов . . . . .	.25
Смиян Е.А., Сичненко П.П., Миронович Л.М. Передовые технологии – фуллерены и фуллереноподобные структуры . . . . .	.26
Ворожко В.В., Диченко Т.В. Ненасичені полієфірні смоли . . . . .	.27
Кобыляков А.Н. Разработка технологии калийных бесхлорных удобрений . . . . .	.28



Клепальская Т.С., Коваленко О.Б., Воробьева И.Г. Исследование содержания фтора в почвах . . . . .	.29
Ляпощенко Д.А., Манжос Л.С. Питтинговая коррозия . . . . .	.30
Аблеев О.Г., Марченко Л.І. Використання місцевих глинистих мінералів в процесах очищення води від амонійного азоту . . . . .	.31
Свердло О.В., Доценко Р.В., Рой И.А., Манжос А.П. Ионметрия как физико-химический метод анализа биосред . . . . .	.33
Кулиш А.С., Хижняк Т.А., Лебедев С.Ю. Изучение кинетики гидролиза сахарозы. Влияние концентрации . . . . .	.34
Хижняк Т.А., Кулиш А.С., Лебедев С.Ю. Изучение кинетики гидролиза сахарозы. Влияние температуры . . . . .	.35
Клименко І.С., Ліцман Ю.В. Проблема утилізації фосфогіпсу . . . . .	.36

## П Р И К Л А Д Н А Е К О Л О Г І Я

Куценко В.Л. Экологические составляющие проблемы переработки отходов производства этилового спирта . . . . .	.38
Куценко В.Л. Интенсификация массообмена в экологических целях . . . . .	.40
Аверкова О.Е., Костина М.В., Тимошенко Т.С., Бородавко Т.Ю. Исследование загрязнений осадков вблизи крупных техногенных объектов г. Сумы методом атомной абсорбции . . . . .	.42
Андриенко Н. И. Сравнительная характеристика различных месторождений фосфоритов для производства фосфор содержащих минеральных удобрений . . . . .	.43
Артамонова А.В., Долодаренко В.А., Фалько В.В. Зависимость числовых характеристик плотности распределения поля концентраций вредных веществ от случайного разброса проектных параметров точечного источника выбросов . . . . .	.44



Васькина И.В., Тюленева В.А. Использование лизиметрического метода при фильтрации отдельных фракций нефти в грунт . . . . .	.48
Гаврик А.Ю. Космический мониторинг природных катастроф . . . . .	.49
Гаврик А.Ю., Гладкая Л.А. Методы прогноза землетрясений с использованием космического мониторинга атмосферы . . . . .	.50
Бровенко Л.С. Развитие продуктивного мышления . . . . .	.51
Гладкая Л.А., Хомутова Е.С., Гончарава М.В. Исследование уровня обеспечения ложной безопасности и вероятности воздействия опасных факторов . . . . .	.52
Гурець Л.Л., Гавріел І.В. Методи утилізації зношених автомобільних шин . . . . .	.53
Гурець Л.Л., Дубровін Р.О. Вдосконалення системи пилогазоочищення виробництва двоокису титану на ВАТ «Сумхімпром» . . . . .	.54
Хоменко К.П., Коротченко Я.Ю. Ейхорнія в очищуванні стічних вод . . . . .	.55
Лазненко Д.О., Гурець Л.Л., Сидоренко С.В. Підвищення екологічної безпеки при проведенні массообмінних процесів в газорідних системах . . . . .	.56
Левченко Я.В., Шевченко С.Н. Методы биологической индикации водоемов . . . . .	.58
Трунова І.О., Мазнева Є.В. Вплив фосфорних добрив на вміст важких металів у ґрунтах сільськогосподарських угідь і продукції рослинності . . . . .	.59
Никонець І.А., Карпенко Т.В., Вакал С.В. Сучасний стан сировинної фосфатної бази на Україні . . . . .	.60
Сытник Е.Л., Рыбалов А.А. Снижение загрязнения воздушного бассейна города путем рациональной организации движения автотранспорта (на примере г. Сумы) . . . . .	.62



Осадча Е.Н. Інгаляційна доза опромінення населення . . . . .	.63
Трунова І.О., Пляцук Л.Д. Залежність вмісту важких металів у твердому відході виробництва фосфорних добрив від просочування середі перебування . . . . .	.64
Хоменко К.П., Лещенко С.В. Залізо у питній воді . . . . .	.66

## Т Е Х Н О Л О Г І Я   М А Ш И Н О Б У Д У В А Н Н Я

Телетов М.А., Савчук В.И. Особенности суперфиниширования заготовок с различными физико-механическими свойствами . . . . .	.68
Чепурна Н.В., Кушников П.В. Исследование напряжений в зубьях и шпоночном пазе детали типа "втулка" . . . . .	.69
Иванющенко Ю.А., Кушников П.В. Особенности обработки прямоугольных отверстий . . . . .	.70
Иванов В.А., Кушников П.В. Усовершенствование технологии изготовления штоков оппозитных компрессоров . . . . .	.71
Ремньов О.І., Доценко К.С., Морозов О.В. Технологія гнуття оребрених монометалевих та біметалевих труб для систем теплообміну . . . . .	.72
Ремньов О.І., Ткаченко І.М., Доценко К.С. Оцінка напружно-деформованого стану пресових з'єднань труб з тонкими трубними решітками систем теплообміну. . . . .	.74
Думанчук М.Ю., Пугач А.Г. Совершенствование ТПП на базе модульной технологии. . . . .	.76
Рощупкин А.В., Евтухов А.В. Система автоматизированного расчета долбяков . . . . .	.77
Курилов Б.В., Акилов А.И. Исследование качества обработки деталей нетрадиционным суперфинишем . . . . .	.78
Лукашенко Д.В., Евтухов В.Г. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями . . . . .	.79



Захаркин А.У., Тютченко Р.Н. Моделирование технологических возможностей металлорежущих станков . . . . .	.80
--	-----

## Т Е Х Н І Ч Н А Т Е П Л О Ф І З І К А

Арсеньев В.М., Левченко Д.А., Бондаренко М.Н. Сравнительная оценка энергоэффективности тепловых насосов при применении различных рабочих веществ . . . . .	.83
Арсеньев В.М., Гурнак Т.А. Анализ энергоэффективности теплонасосной установки с доводкой параметров от централизованной системы теплоснабжения . . . . .	.84
Бондаренко Г.А., Сидько А.М. Разработка математической модели системы «компрессор - сеть» с целью повышения энергосбережения . . . . .	.85
Сердюк С.В., Павлюченко А.М. Стратегия энергетики по методу Е. Янтовского. Стратегия энергетики в далеком будущем . . . . .	.86
Ванеев С.М., Воскобойников Д.С. Расчет течения газа в проточной части струйно-реактивной турбины . . . . .	.87
Ванеев С.М., Овчаренко А.Ю. Анализ рабочего процесса в вихревых пневматических турбинах . . . . .	.88
Вертепов Ю.М., Ермоленко Н.А., Горленко С.В. Оптимизация энергетической эффективности регенеративного надатмосферного цикла с теплообменом разомкнутой воздушной холодильной машины . . . . .	.89
Калинкевич Н.В., Шевцов А.Н. Анализ результатов расчета термодинамических свойств газов различными методами . . . . .	.91
Боряк А.С., Калинкевич Н.В. Расчет течения газа в неподвижных элементах центробежного компрессора . . . . .	.93
Калашников А.Н., Калинкевич Н.В., Борьяк А.С. Математическая модель для расчета течения газа в лопаточной решетке обратно-направляющего аппарата . . . . .	.95



Курилов А.Ф., Панченко В.В. Автомобильный кондиционер абсорбционного типа для автомобиля среднего класса . . . . .	.97
Мелейчук С.С., Капустян С.В., Гладченко А.С. Сравнительный анализ применения различных схем вакуумных агрегатов для вакуумных систем охлаждения . . . . .	.98
Арсеньев В.М., Мелейчук С.С. Предельный режим вихревой эжекторной ступени вакуумного агрегата . . . . .	.99
Мелейчук С.С. Численное моделирование взаимодействия потоков в воздушном эжекторе . . . . .	.100
Козин В.Н. Опытный стенд для исследования жидкостнокольцевой машины в компрессорном режиме . . . . .	.101

## П Р И К Л А Д Н Е М А Т Е Р І А Л О З Н А В С Т В О Т А Т К М

Сигова В.И., Яковлев В.А. Повышение эксплуатационных свойств стержней литейной формы . . . . .	.104
Руденко Л.Ф., Ерёменко А.А. Повышения эксплуатационных свойств вала насоса перекачивающего радиоактивную жидкость . . . . .	.105
Будник А.Ф., Дегула А.І., Будник О.А. Управління експлуатаційними властивостями композитів технологічними методами . . . . .	.106
Будник А.Ф., Клочко А.В. Зависимость физико-механических свойств материала флубон от технологии его получения . . . . .	.107
Будник А.Ф., Руденко П.В., Будник О.А. Влияние технологических операций получения термопластических композитов на их эксплуатационные свойства . . . . .	.108
Сигова В.И., Гапонова О.П. Повышение стойкости втулки, изготовленной из порошкового материала . . . . .	.109
Пчелинцев В.А., Будник О.А. Повышение эксплуатационной надежности упругих элементов муфт ГПА-Ц16	



технологическими методами . . . . .	.111
Пчелинцев В.А., Горбань Л.В. Исследование эксплуатационных свойств вал-шестерни редуктора из стали 20ХН3А и 36Х2Н2МФА . . . . .	.112
Сигова В.И., Курило Н.А., Титаренко Ю.В. Исследование влияния температур нагрева при термической и химико-термической обработке шестерни с внутренним зацеплением, работающей в условиях Севера . . . . .	.113
Пчелинцев В.А., Дьяченко О.В. Способ интенсификации процесса цементации низкоуглеродистых сталей . . . . .	.114
Руденко Л.Ф., Жук О.В. Розробка термічної обробки калібра хитко-роlikової кліті стану ХВТ виготовлений із сталі 60С2А . . . . .	.116
Сигова В.И., Курило Н.А. Инструментальные стали и их перспектива развития . . . . .	.117
Сигова В.И., Курило Н.А. Повышение износостойкости твердосплавного режущего инструмента методом КИБ . . . . .	.118
Сигова В.И., Жовба Т.А. Термическая обработка колеса рабочего питательного турбонасоса типа ПТН-1150-340. . . . .	.119
Пчелинцев В.А., Трояновская О.В. Термическая обработка штока-поршня . . . . .	.120
Раб В.Н., Авраменко Е.А. Термическая обработка вала-шестерни редуктора типа Ц2-750-31,5-31У2 . . . . .	.121
Руденко Л.Ф., Малышко Ж.М. Термическая обработка детали шток-компрессора высокого давления по перекачке этилена . . . . .	.122
Руденко Л.Ф., Носонова Л.В. Застосування гартування СВЧ для поверхневого зміцнення деталі – валу відцентрового насосу типу ЕПЗ . . . . .	.123
Ніконов О.С., Пляхтур О.О. Аналіз розвитку ливарного виробництва та перспективи досліджень в цій галузі . . . . .	.124



## МЕТАЛОРИЗАЛЬНІ ВЕРСТАТИ ТА ІНСТРУМЕНТИ

- Алексеев А.Н., Нежибецкий А.Н. Оптимизация  
металорежущего инструмента с применением  
линейного программирования . . . . . .127
- Алексеенко Д.М., Пупченко Ю.Б. Оправка для  
ножеточильного станка . . . . . .128
- Дядюра К.А., Ольховик В.А. Разработка САПР  
конструкции шаровых кранов . . . . . .129
- Емельяненко С.С. Прогнозирование динамического  
состояния инструмента при концевом фрезеровании . . . . . .130
- Залого В.А., Щербина А.Ю. Устройство для получения  
корней стружек при точении на токарном станке по  
схеме тангенциального резания . . . . . .131
- Зинченко Р.Н., Голуб В.В. Разработка САПР  
зубообрабатывающих инструментов: фреза, долбяк  
в среде T-FLEX . . . . . .132
- Залого В.А., Ивченко А.В., Ротт А.А. Разработка  
методики оценки качества процессов инструментальной  
подготовки производства машиностроительного предприятия . . . . . .135
- Коротун М.М., Крамаренко В.С. Модернізація шпиндельних  
вузлів . . . . . .136
- Коротун М.М., Никифорова О.І., Пушкар Р.М. Кінематичні  
розрахунки дискретних приводів подач . . . . . .137
- Коротун М.М., Смага О.Г. Методи дослідження вібростійкості  
верстатів . . . . . .138
- Коротун М.М., Смага О.Г. Зв'язок параметрів  
шпиндельного вузла з вібростійкістю верстата . . . . . .139
- Коротун М.М., Краснабарод В.П. Фрези нетрадиційних  
конструкцій . . . . . .141



Криворучко Д.В., Хвостик С.Н. Экспериментальная проверка конечно-элементной модели процесса прямоугольного резания . . . . .	.142
Криворучко Д.В., Сорокин А.Н. Исследование методом конечных элементов влияния завивания стружки на показатели процесса резания . . . . .	.143
Сєдінкін Л.М., Кутовий М.П. Дослідження технологічної надійності токарного верстату з ЧПК моделі 16Б16Т1 . . . . .	.144
Дядюра К.А., Ткаченко А.В., Карбанов С.В. К вопросу о классификации бумагорезального оборудования . . . . .	.145
Швец С.В., Овчаренко О.Н., Козлов В.Н. Показатели, используемые для определения эффективности токарного инструмента . . . . .	.146
Голдун Д.Г. Увеличение точности обработки на фрезерных станках с ЧПУ . . . . .	.147
Залюга В.А., Бирченко Е.В., Собокаръ Д.Е. О повышении работоспособности инструментов в условиях неравномерного и прерывистого резания . . . . .	.148

## ПРИКЛАДНА ГІДРОАЕРОМЕХАНІКА

Антоненко С.С., Зубарева Г.С. Утилізація енергії викидної пари котельної 5-ої клінічної лікарні м. Суми з метою заощадження тепла . . . . .	.150
Герман А.В., Герман В.Ф., Гусак А.Г. Разработка сточномассного свободновихревого насоса повышенной экономичности . . . . .	.151
Герман В.Ф., Кочевский А.Н. Анализ структуры течения в свободновихревом насосе и исследование влияния геометрических параметров рабочего колеса на характеристики насоса . . . . .	.152
Гулый А.Н., Шепеленко А.А. Оптимизация конструктивных параметров погружных центробежных насосов для	



перекачки нефтесодержимых жидкостей . . . . .	.153
Єлін О.В., Туча А.О. Створення відцентрової ступені занурювального насоса для видобутку нафти з малодебітних солевідкладаючих свердловин з високим вмістом твердих частинок . . . . .	.154
Зубахин А.Н. Анализ динамических характеристик роторов центробежных насосов с комбинированными опорно-уплотнительными узлами на стационарных и переходных режимах . . . . .	.155
Антоненко С.С., Сердюк Е.С. Використання технології утилізації теплоти відхідних газів . . . . .	.156
Игнатъев А.С., Лозовецкий И.А. Прямоточный клапан бурового поршневого насоса . . . . .	.157
Нефедов А.Н., Ванеев С.М., Наконечный С.И. Совместная работа высокорасходного рабочего колеса центробежной компрессорной ступени с пространственными лопатками и лопаточного диффузора . . . . .	.158
Марченко Ю.Я., Ткачук Ю.Я. Энергосберегающая технология подогрева воды в плавательных бассейнах . . . . .	.159
Ткачук Ю.Я. Анализ энергоэффективности с помощью целевой функции энергопотребления . . . . .	.160
Каплун І.П., Ковальов С.Ф., Папченко А.А. Розробка багатофункціонального теплогенеруючого апарата для спиртового виробництва . . . . .	.161
Каплун І.П., Кочевський О.М. Чисельне дослідження течії в малогабаритній осьовій ступені. . . . .	.163
Кошман О.В., Мандрика А.С. Напрямки енергозбереження в системі освітлення 5-ї міської лікарні м. Суми . . . . .	.165
Євтушенко А.О., Луговая С.О., Неня А.В. Визначення інтегральної характеристики робочого колеса відцентрового насосу за допомогою розрахункового експерименту . . . . .	.167



Хацко К.А. Численный анализ динамических характеристик устройства осевой разгрузки ротора высокооборотного центробежного многоступенчатого насоса . . . . .168

Єлфімова О.М., Хвостенко М.М., Сапожніков С.В. Результати енергетичного обстеження дитячого садку . . . . .170

Заболотна Л.В., Сотник М.І. Результати енергетичного обстеження миської клынычноў лыкарны №5 . . . . .171

## І Н Ф О Р М А Ц І Й Н І Т Е Х Н О Л О Г І І П Р О Е К Т У В А Н Н Я

Баранова І.В., Неня В.Г. Проектування меридіанного перерізу робочого колеса відцентрового насоса . . . . .173

Неня В.Г., Панченко В.О., Шендрик В.В. Побудова контуру меридіанного перерізу робочого колеса відцентрового насоса . . . . .174

Неня В.Г., Братушка О.І., Пузько І.Д., Сітало Н.О. Моделювання коливальних систем у режимі реального часу . . . . .175

Запорожченко В.С., Запорожченко А.В. Класифікація безмуфтових систем вмикання кривошипних пресів . . . . .176

Запорожченко В.С., Коваль Є.М., Самохвал І.С., Скиданенко М.С., Чуб І.О. Удосконалення системи вмикання кривошипних пресів . . . . .178

Ващенко С.М. Подсистема математического моделирования САПР механизма движения поршневого компрессора . . . . .179

Бубнов И.В., Носовский В.Ю. Использование программы ЕВФРАТ-Документооборот . . . . .180

Бубнов И.В., Франчук А.В. Система электронного документооборота "Кодекс: Документооборот" . . . . .181



Кузнецов Э.Г. Динамический анализ системы импульсного уплотнения . . . . .	.182
Бурмака В.Ю., Зубко А.И. Подсистема САПР расчёта дисковых фрез для изготовления роторов винтовых компрессоров . . . . .	.183
Бурмака В.Ю., Любич В.Б. Подход к созданию базы данных исследований водокольцевых вакуумных насосов . . . . .	.184
Щеглов С.А. Оптимизация рабочего органа шестеренного насоса . . . . .	.185
Концевич В.Г., Баранов А.С. Системный подход к разработке классификации цилиндрической группы поршневых компрессоров . . . . .	.187
Концевич В.Г., Беков А.А. Автоматизированная система параметрического твердотельного моделирования поршневой группы компрессора . . . . .	.188
Концевич В.Г., Братушка Р.С. Разработка САПР механизма развертки для спектрофотометра . . . . .	.189
Концевич В.Г., Гаврилюк Д.Р. Создание архива конструкторско-технологической документации кафедры ИТП на базе СУБД Oracle . . . . .	.190
Концевич В.Г., Даниленко Р.С. Разработка программы макромоделювання . . . . .	.191
Концевич В.Г., Иващенко М.В. Разработка системы тестирования и мониторинга персонального компьютера . . . . .	.192
Концевич В.Г., Ковчун Р.Ю., Овсянко А.И. Система компьютерного тестирования контроля знаний . . . . .	.193
Концевич В.Г., Овсянко А.Н., Ковчун Р.Ю. Преимущества компьютерного тестирования . . . . .	.194
Концевич В.Г., Ридченко О.В. Автоматизация разработки схем компрессорных установок . . . . .	.195



Концевич В.Г., Туренко М.А. Информатизация конструкторской подготовки производства поршневых компрессоров . . . . .	.196
Концевич В.Г., Черняк О.П. Разработка информационной системы выбора прототипа типоразмера насосного агрегата . . . . .	.197
Концевич В.Г., Шелих Н.В. Исследование методологических проблем разработки САПР на базе пакета твердотельного моделирования Inventor Series 9 Professional . . . . .	.198
Концевич В.Г., Шинко А.В. Системный подход к разработке классификации поршневой группы поршневых компрессоров . . . . .	.199
Концевич В.Г., Ярьсько А.В. Создание ряда параметрических моделей корпусов центробежного компрессора . . . . .	.200
Концевич В.Г., Глущенко С.В. Разработка моделей цилиндров поршневых компрессоров на основе их классификации по конструкторско-технологическим признакам . . . . .	.201
Зміст . . . . .	.203



Наукове видання

**МАТЕРІАЛИ**  
науково-технічної конференції  
викладачів, співробітників,  
аспірантів і студентів  
інженерного факультету

Відповідальний за випуск В.Г. Євтухов  
Комп'ютерне верстання М.Б. Приходченко

Стиль та орфографія авторів збережені.

Підписано до друку 11.04.2006 р. Формат 60x84 1/16. Обл.-вид.арк. 13,65.  
Тираж 80 пр. Зам. № **230**. Ум. друк.арк. 12,79.  
Друк офс. Папір офс.

---

Вид-во СумДУ. Свідоцтво ДК № 2365 від 08.12.2005 р.  
40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2

---

Друкарня СумДУ. 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2