

М 37
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

СУМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МАТЕРИАЛЫ

39001
НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ, СОТРУДНИКОВ,
АСПИРАНТОВ И СТУДЕНТОВ
ИНЖЕНЕРНОГО ФАКУЛЬТЕТА

Україна
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІБЛІОТЕКА
Читальний зал № 4

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
БІБЛІОТЕКА

Сумы Изд-во Сум ГУ 2004

УДК 061.001.891

Материалы научно-технической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов инженерного факультета. - Сумы: Изд-во СумГУ. - 2004. - Вып. 4. - 175 с.

В сборнике в сокращенном виде представлены материалы докладов научно-технической конференции инженерного факультета Сум ГУ по 9 секциям. Сборник может быть полезен аспирантам и студентам вузов, а также инженерам отраслей общего и химического машиностроения.

Редакционная коллегия: д.т.н., проф Н.И. Волков

(отв. редактор),

к.т.н., доц А.А. Евтушенко

(зам. отв. редактора).

Члены редколлегии:

д.т.н., проф А.П. Врагов,

к.т.н., доц. В.Г. Евтухов,

к.х.н., доц. С.Ю. Лебедев,

д.т.н., проф. Л.Д. Пляцук,

к.т.н., доц. С.В. Швец,

к.т.н., проф. В.И. Сигова,

д.т.н., проф. П.Н. Учаев,

д.т.н., проф. А.М. Павлюченко

© Изд-во Сумского государственного университета, 2004

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

А.А. Бекренев, С.Ю. Шаповал, В.И. Савчук

Технологическая наследственность предусматривает перенос свойств обрабатываемой заготовки от предшествующих операций к последующим. При этом изменение эксплуатационных свойств определяется методами и режимами, применяемыми на отдельных операциях термической и механической обработки.

Были проведены исследования по выявлению изменения микронапряжений и ОКР в поверхностном слое металлов после чистового точения, шлифования, суперфиниширования и обработки способом двойной осцилляции. Исследовались стальные образцы марок 50, 20, СЧ 12, 40ХН, 38ХМЮА, ШХ15, 12Х18Н10Т, Р18, которые обрабатывались по четырем вариантам технологического процесса:

- 1) токарная обработка – термообработка поверхности – шлифование – способ двойной осцилляции;
- 2) токарная обработка - шлифование – способ двойной осцилляции;
- 3) токарная обработка - термообработка поверхности – шлифование – суперфиниширование;
- 4) токарная обработка – шлифование – суперфиниширование.

Результаты экспериментов показали, что последовательность технологических операций и вариант обработки влияют на уровень и интенсивность изменения микронапряжений и ОКР в сталях, полученных на финишных операциях. В вариантах №1 и №3, где осуществляется химико-термическая обработка, уровень микронапряжений на отделочных операциях брусками выше, по сравнению с вариантами, где она отсутствует. При сравнении металлов, обработанных суперфинишированием и способом двойной осцилляции, уровень микронапряжений во втором случае ниже, а ОКР выше, чем при суперфинишировании. На уровень микронапряжений и ОКР влияет степень легирования сталей.

Величина микронапряжений повышается при переходе от шлифования к суперфинишированию и обработке способом двойной осцилляции. Сравнение микронапряжений и ОКР при суперфинишировании с обработкой способом двойной осцилляции показывает, что при обработке последним способом наблюдается уменьшение ОКР и повышение микронапряжений.

Полученные результаты после каждого вида обработки показывают характер изменения структуры в зависимости от варианта обработки и марки стали. Установлено, что приведенная последовательность операций увеличивает износостойкость поверхности, которая тем выше, чем мельче блоки и больше микронапряжения.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА НА БАЗІ УНІФІКОВАНИХ МОДУЛІВ ПОВЕРХОНЬ

Думанчук М. Ю.

Найбільш важливим і відповідальним етапом технологічної підготовки виробництва є технологічне проектування, від якості виконання якого в значній мірі залежать техніко-економічні показники виробництва виробів та їх якість. Одним з напрямків скорочення трудомісткості і підвищення якості цього етапу є типізація й уніфікація технологічних процесів.

Розроблені раніше типова і групова технологія виявилися малоефективними, особливо в умовах швидкої зміни номенклатури виробів. Їхніми недоліками є:

- класифікація деталей виконується по конструктивних ознаках, що призводить до різноманітності класифікацій та великої кількості класифікаційних угруповань в кожній з них;
- аналіз номенклатури виробів показує, що до типових може бути віднесено лише 15-40% деталей, що є недостатнім для проведення ефективної типізації;
- типова та групова технологія фіксує сучасний рівень технології виробництва і гальмує освоєння нової техніки та технології.

Подальшим розвитком типізації й уніфікації технологічних процесів є ідея побудови технологічних процесів по модульному принципі – модульна технологія.

В основу модульної технології покладена класифікація сполучення поверхонь деталей по службовому призначенню. Така класифікація дозволяє різко обмежити кількість класифікаційних угруповань. Отримана номенклатура типів модулів поверхонь обмежена 26 найменуваннями, що відкриває широкі можливості для типізації й уніфікації технологічного забезпечення їхнього виготовлення. Однозначність визначення модулів поверхонь дозволяє скористатися їхнім технологічним забезпеченням будь-якому машинобудівному підприємству.

Технологічний процес виготовлення виробу будується за принципом послідовного виконання технологічних модулів, відповідно до переліку модулів поверхонь деталі, при цьому, якщо типовий модуль поверхонь містить надлишкові поверхні в порівнянні з реально існуючим у деталі, то елементи технологічного модуля не виконуються.

Модульний підхід до проектування технологічних процесів забезпечує не тільки високу якість і стислі строки ТПВ, але і дозволяє легко і швидко змінювати технологію відповідно до передових наукових розробок, ефективно впроваджувати їх у виробництво.

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ (ТКИ)

Д. Ф. Демьяник И. М. Волина

Технологичность конструкции изделия представляет собой совокупность свойств изделия, определяющих приспособленность его к достижению оптимальных затрат ресурсов при производстве и эксплуатации для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

ТКИ выражает не функциональные свойства изделия, а его конструктивные особенности. Конструкцию изделия характеризуют в общем случае состав и взаимное расположение его составных частей, схема устройства изделия в целом, форма и расположение поверхностей детали и соединений, их состояние, размеры, материалы и информационная выразительность. Поэтому для изделия следует применять термин «технологичность конструкции изделия».

Качество изделия, наряду с технологичностью конструкции, характеризуется следующими параметрами:

- функциональностью.

Показатели назначения характеризует соответствие изделия условиям реализации. Их соотношение к затратам всех видов ресурсов определяет эффективность создаваемой и эксплуатируемой техники.

- экономичностью:

Экономичность – это способность изделия выполнять заданные функции при использовании выделенных для его функционирования материальных, энергетических и других ресурсов в объемах, соответствующих для этой цели нормам.

- надежностью:

Требования к надежности (безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости) направлены на обеспечение выполнения изделием заданных функций в эксплуатации путем сохранения во времени и в установленных пределах значений всех параметров, характеризующих способность выполнять эти функции в определенных режимах и условиях применения.

- эргономичностью:

Эргономические свойства конструкции изделия проявляются в результате функционирования сложной эргономической системы вида человек – предмет труда.

- эстетичностью:

Художественное – конструкторское решение формы исполнения изделия органически связано с обеспечением ТКИ, поиском оптимального сочетания рациональных в эстетическом отношении конструктивных

форм изделия и технологически рационального конструктивного исполнения изделия и его составных частей.

– патентоспособностью:

Патентоспособность изделия характеризует наличие в конструкции определенной части новых технических решений, на которые поданы заявки на изобретения.

– транспортабельностью:

Транспортабельность изделия характеризует его приспособленность к перемещению в пространстве, не сопровождающемуся использованием изделия.

– безопасностью:

Техника, разрабатываемая человеком, наряду с удовлетворением его потребностей должна быть безопасной во всех сферах, в которых проявляется и ТКИ.

– экологичностью:

Уровень вредных воздействий техники на окружающую среду зависит от принимаемых при разработке конструкции инженерных решений по используемым для его изготовления, функционирования и восстановления рабочим материалам, способам их переработки, применению в конструкции защитных устройств.

Взаимосвязь ТКИ с другими свойствами, характеризующими качество изделия, отражает единство противоречивых сторон в изделии как продукте труда, обусловленных противоречиями между активными элементами производства и эксплуатации и противодействующим элементом – изделием. Эти внутренние противоречия выступают источником непрерывного развития и совершенствования конструкции изделия, учитываются при его проектировании и разрешаются (минимизируются) реализацией конкурентного равновесия между техническими требованиями к качеству детали и техническими требованиями к условиям его производства и эксплуатации в условиях оптимальности по Парето. Такая оптимизация является обязательной при определении базовых показателей ТКИ.

ТКИ классифицируется :

- по методу воздействия на конструкцию изделия.

Она выражает существенные черты конструкции изделия, воздействуя на которые, разработчик разрешает противоречия между активными элементами технологического процесса и изделием.

- области проявления.

Определяются основными сферами общественного производства, в которых проявляется качество изделия. Они характеризуют приспособленность конструкции изделия к сокращению затрат ресурса и времени.

- по производимым затратам.

Они выражают её экономическую сущность, которая проявляется в одной или нескольких конкретных областях.

СУПЕРФИНИШНАЯ ГОЛОВКА

Акилов А.И., Подойма А.В.

На кафедре ТМС разработана конструкция суперфинишной головки с гидравлической шарнирной опорой рычагов, служащих для передачи колебаний абразивным брускам с заданной амплитудой. Приводом служит электромагнитный вибратор. Изменением положения опоры по высоте, можно регулировать величину амплитуды колебаний.

Основным достоинством головки по сравнению с известными конструкциями является отсутствие необходимости применения насосной станции, предназначенной для привода колебаний инструмента и слежения за величиной износа абразивных брусков. В предложенной конструкции жидкость перекачивается из одной полости гидроцилиндра в другую мембранным или поршневым насосом с приводом от электромагнитного вибратора, одновременно сообщая радиальное колебание инструменту. Насос входит в конструкцию суперфинишной головки. При достижении заданной амплитуды колебаний автоматически срабатывает гидрозамок и циркуляция жидкости в системе прекращается, фиксируя нужное положение опоры. Это положение сохраняется в процессе обработки детали до тех пор, пока не произойдет износ инструмента и амплитуда колебаний увеличится до величины чувствительности задающего устройства. С превышением этой величины произойдет коррекция колебаний до заданного значения амплитуды. Устройство находится в стадии изготовления. Оно работает по ударно-циклической схеме микрорезания, которое обеспечивает стабильный и достаточно высокий съём металла в процессе обработки. Как показали исследования процесс резания по этой схеме не затухает до полного износа брусков. При этом производительность его по сравнению с традиционным суперфинишированием возрастает в 1,2 – 1,3 раза. Шероховатость поверхности и производительность зависят от амплитуды колебаний, окружной скорости и усилий прижима брусков. Характер зависимостей незначительно отличается от процесса традиционного суперфиниширования и представлен в научных отчетах кафедры и публикациях технической литературы.

Литература:

Акилов А.И., Гришкевич А.В., Горбенко В.Л. Обработка абразивными брусками шеек коленчатых валов. Сб. «Резание и инструмент», №18, Харьков. 1977, с. 69-73.

Акилов А.И. и др. Головка с гидравлическим следящим приводом износа брусков. «Технология, экономика и организация производства химического и нефтяного машиностроения», ЦИНТИХимнефтемаш, М., 1978, с. 5-6.

ХОНИНГОВАНИЕ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ТЯЖЕЛЫХ ОППОЗИТНЫХ КОМПРЕСОРОВ.

Гладченко С.Г., Евтухов В.Г.

На АО СМНПО им. М. В. Фрунзе изготавливается компрессорная установка 6В(Г)М16-150/200, предназначенная для сжатия атмосферного воздуха. Одной из основных деталей компрессора является втулка V-VI ступени. Диаметр втулки 185 мм, длина 1023 мм, материал – серый чугун СЧ35 ГОСТ 1412-79. Обработку втулки производят на четырёх токарных, четырёх горизонтально-расточных и хонинговальной операции.

Очевидно, что окончательную точность и качество обработки внутренней цилиндрической поверхности втулки определяет отделочная обработка – хонингование. На хонинговальной операции необходимо обработать отверстие по 7 качеству точности с допуском 0,046 мм, допуск на отклонение от цилиндричности составляет 0,02 мм, шероховатость поверхности 0,4 мкм Ra. Хонингование производится за два этапа (черновой и чистовой) на станке модели 3Г833. В качестве режущего инструмента применяется хон диаметром 180 мм с семью абразивными брусками длиной 140 мм - P2-00423. Характеристика абразивных брусков для чернового хонингования - БКв 20×140 63С20ПСМ1К5 ГОСТ 2456-75, а для чистового - БКв 20×140 24АМ28ППСМ1К5 ГОСТ 2456-75. Отверстие втулки предварительно уже обработано до шероховатости 1,6 мкм Ra.

Анализ хонинговальной операции показывает, что в целом требуемое качество обработанной поверхности втулки обеспечивается. Однако, сам процесс хонингования, вследствие недостаточной жесткости применяемого хона и незначительной его длины (длина брусков около 140 мм при длине обрабатываемой втулки в пределах 1023 мм), отличается низкими коэффициентами интенсивности исправления погрешностей формы в продольном и поперечном сечениях обрабатываемой втулки. В результате завышаются припуски на хонингование, возникает необходимость в хонинговании в два этапа, поскольку абразивные бруски, работая по тангенциальной схеме микрорезания быстро затупляются, засаливаются и прекращают резание. Все это приводит к снижению производительности обработки, увеличению времени на операцию и повышению ее себестоимости.

В связи с этим, для повышения точности и производительности обработки предлагается новая, более жесткая конструкция хона с общей длиной брусков до 250 мм, а для повышения режущей способности инструмента, в качестве шлифовальных брусков предлагается использовать алмазные бруски с характеристикой АСР 63/50-М1-100. В результате возрастает интенсивность процесса хонингования, что снижает припуски под обработку и позволяет осуществлять процесс в один чистовой этап. При этом сокращается время на хонингование и снижается его себестоимость.

НОРМИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КРУГЛОГО ВРЕЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ

А.В. Евтухов

Анализ используемой в настоящее время справочной литературы по нормированию процесса круглого врезного шлифования показал ее недостаточную эффективность. Большое количество исходных данных, отсутствие их единства усложняет расчеты, делает их громоздкими и, самое главное, не дает однозначных результатов при одних и тех же условиях обработки. Обычно приводятся усредненные нормы, а время на выполнение рабочего цикла завышается, в результате снижается эффективность применения оборудования, особенно оснащенного адаптивными системами управления. Результаты нормирования не обладают наглядностью и не позволяют оценить правильность решения задачи, невозможно «увидеть картину» процесса шлифования в целом. Кроме того, используемая литература, в большинстве своем, отражает возможности не перспективного вновь проектируемого оборудования, а оборудования действующего, которое используется на большинстве предприятий страны и само по себе уже давно устарело. В связи с нестабильной экономической ситуацией в государстве на создание новой справочной литературы могут уйти десятки лет, так как подбор нормативных материалов с учетом современных достижений в области шлифования требует обширного комплекса исследований, что является дорогостоящим проектом

Применение автоматизированного расчета режимов затруднено по следующим причинам:

необходимо учитывать влияние ряда случайных факторов (разброс припусков и твердости деталей, качество поверхностного слоя обрабатываемых деталей, микроструктуру металла, качество инструмента и др.); невозможно учесть все деформации и изменения в технологической системе (ТС) при обработке заготовок под воздействием сил резания, возникновение вибраций в ТС и т. п.;

- аналитические формулы, применяемые при расчете и назначении режимов резания, недостаточно точны, а для ряда новых сплавов указанные зависимости выявлены на основе статистических данных, руководящие материалы по режимам резания для станков с ЧПУ практически отсутствуют.

- Предлагаемые алгоритмы автоматизированного расчета режимов шлифования также имеют ряд недостатков, главным из которых является необоснованное время на выхаживание – в процентах от всего времени шлифования, что приводит к снижению эффективности конкретного станочного оборудования.

Дальнейший анализ позволил выявить и основные недостатки существующей методики нормирования процесса врезного шлифования:

- при обработке по двухступенчатой программе изменения скоростей

подачи (черновой и чистовой) переходные процессы не учитываются в связи с трудоемкостью расчетов;

- сложны и недостаточно точны расчеты податливости технологической системы.

Предложенные в работе [1] зависимости по определению глубины шлифования для различных этапов цикла врезного шлифования (в том числе и для переходных процессов) позволяют произвести нормирование цикла. В основе вышеуказанных зависимостей находится так называемая обобщенная идентификационная характеристика динамической системы врезного шлифования $q = c / (j + c)$, учитывающая жесткость процесса шлифования c и жесткость технологической системы j . Определение идентификационной характеристики происходит в процессе обработки пробной заготовки на соответствующем оборудовании, что позволяет учесть податливость конкретной технологической системы с максимально возможной точностью.

Рекомендации по расчету элементов режимов шлифования [2] позволяют учесть условие бесприжогового шлифования. Однако выполнение данного условия на протяжении всего цикла обработки не даст максимальной производительности. В тоже время, зависимости по определению глубины дефектного слоя при шлифовании [3, 4], позволяют реализовать цикл, обеспечивающий максимальную производительность процесса шлифования.

В связи с этим предлагается вести обработку при форсированной черновой подаче с образованием прижогов, при этом данные о глубине образовавшегося дефектного слоя сравниваются с данными о величине оставшегося припуска, определяя условие о необходимости перехода на чистовой этап шлифования с целью снятия дефектного слоя и выполнения требований по точности и качеству поверхностей детали.

Алгоритм нормирования цикла врезного шлифования с учетом вышеприведенных рекомендаций может быть легко реализован при программировании в пакете MathCad 2000, что позволяет представить результаты нормирования как в аналитической, так и графической форме и не требует от пользователя специальных знаний в программировании.

Список литературы: 1. Сизый Ю.А., Евтухов А.В. Расчет глубины круглого врезного шлифования на основе его имитационной модели. // Вестник НТУ «ХПИ». Харьков: НТУ «ХПИ». – 2001. – Вып. 15. – С. 117-126. 2. Серховец О.И. Обеспечение максимальной производительности на станках с ЧПУ при круглом врезном наружном шлифовании. Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве. Тезисы докладов 5-я Международная научно-техническая конференция. 28-29 мая 2002 г., Харьков 2002 - С. 252-256. 3. Худобин Л.В., Степанов М.С. Влияние загрязнения СОЖ на качество поверхностного слоя шлифованных деталей. // Вестник машиностроения. - 1990.- № 4. С. 51-54. 4. Якимов А.В. и др. Расчет глубины дефектного слоя при шлифовании. // Станки и инструмент, №9, 1986. – с. 26

СБОРНЫЕ ПАЗОВЫЕ ФРЕЗЫ С СТМ

А.О.Кладуенко, П.В.Кушниров

В технологической практике нередко приходится сталкиваться с необходимостью обработки открытых пазов заготовок, изготовленных из серого чугуна или закаленных сталей.

Для фрезеровании плоских стенок пазов обычно применяют дисковые пазовые или трехсторонние фрезы, а также шпоночные и концевые фрезы.

Однако при высоких требованиях к чистоте обработки поверхностей (Ra 0,32-0,8) и к точности ширины паза целесообразно было бы использование инструмента с материалом режущей части из сверхтвердых материалов (СТМ), например, из композита 01 или композита 10. Существующие же конструкции фрез с цилиндрическими режущими вставками, оснащенными СТМ, к сожалению, не позволяют производить обработку одновременно двух стенок пазов.

Для решения данной задачи были предложены конструкции пазовых сборных фрез, где в качестве режущих элементов выступают универсальные цилиндрические режущие вставки по ТУ2-035-918-83.

Одна из таких пазовых фрез содержит корпус, в отверстиях которого по посадке с зазором установлены цилиндрические режущие вставки. В корпусе расположен крепежный винт, который своим торцом взаимодействует с промежуточными звеньями - шариком или цилиндрическим роликом, а те в свою очередь контактируют с торцам двух плунжеров. Усилие закрепления, таким образом, передается от крепежного винта через промежуточные звенья двум плунжерам, а через них - лыскам двух режущих вставок.

После предоставления вставкам необходимого положения в корпусе (путем перемещения их вдоль оси отверстия), обеспечивающего требуемую ширину обрабатываемого паза, осуществляют фиксацию вставок с помощью крепежного винта. В процессе перемещения указанного винта его торец надавливает на шарик (ролик), а тот в свою очередь - на торцы плунжеров. Это приводит к одновременному перемещению двух плунжеров до их соприкосновения, с лысками режущих вставок, чем и обеспечивается одновременное закрепление обеих вставок. Эффект самоустановки двух плунжеров в момент закрепления вставок позволяет компенсировать возможные погрешности изготовления и сборки элементов режущего инструмента. Указанные конструкции пазовых сборных фрез позволяют обеспечивать высокую производительность (t до 0,3 мм, $S_{мин}$ до 1,5 м/мин., V до 2000 м/мин.) при заданных параметрах чистоты обработки поверхностей стенок паза (не грубее Ra 0,4). Данные фрезы достаточно просты конструктивно и технологичны в изготовлении.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ КРЕПЕЖНЫХ ОТВЕРСТИЙ КОРПУСОВ НА МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКАХ

Миненко Д. А., Захаркин А. У.

Конструкции современных машин, вне зависимости от их функционального, целевого или эксплуатационного назначения, проектируются по агрегатному или блочному принципу и komponуются из отдельных самостоятельных сборочных единиц, объединение которых осуществляются корпусной деталью.

Как известно наибольшая эффективность от применения многоцелевых станков (МС) получается при обработке сложных корпусных деталей, требующих повышенной точности. Эффективность применения МС имеет различные источники: повышается доля машинного времени в цикле обработки до 60 – 75 % вместо 25 – 35 % на универсальных станках; сокращается вспомогательное время за счёт высокого уровня автоматизации (автоматической смены инструментов, позиционирования или автоматической смены заготовок с малыми затратами времени, высоких скоростей холостых ходов, подналадки инструментов вне станка, исключение контрольных операций и т. д.).

Одним из путей повышения производительности является использование повышенных режимов резания с одновременным сокращением стойкости режущего инструмента.

Для проверки повышения эффективности использования МС за счет повышения режимов резания был проведен эксперимент, моделирующий технологический процесс обработки корпуса питательного клапана центрифуги. Суть эксперимента заключается в следующем.

На основе общемашиностроительных нормативов времени и режимов резания был проведён расчет режимов резания обработки восьми отверстий диаметром 8,5 мм, глубиной 15 мм в заготовке из чугуна СЧ 20 сверлом из быстрорежущей стали Р6М5.

Получены следующие параметры режима резания. Скорость резания $V=32.19$ м/мин; частота вращения шпинделя $n=1200$ об/мин; минутная подача $S_{\text{мин}}=337,68$ мм/мин; стойкость сверла $T=35$ мин. При данных режимах резания было обработано до затупления сверла 656 отверстий.

Затем задавалась стойкость инструмента $T_2 = T_1 - 1$, $T_3 = T_2 - 1 \dots$ и расчеты повторялись. В результате расчетов была получена зависимость стойкости инструмента, минутной подачи и основного времени обработки одного отверстия. Из данной зависимости можно сделать вывод, что при повышении минутной подачи снижается стойкость инструмента и уменьшается основное время на обработку отверстия. Однако при этом снижение стойкости режущего инструмента ведёт к увеличению их расхода и числа смен в шпинделе.

Для выявления, экономически наиболее целесообразных, режимов резания было смоделировано работу многоцелевого станка ИР500МФ4 имеющего шестидесяти позиционный инструментальный магазин. Смена инструмента, ускоренные перемещения, рабочий ход, поворот стола, смена заготовки были смоделированы при помощи специальной вычислительной процедуры, в результате чего была получена зависимость штучного времени $T_{шт}$ от минутной подачи $S_{мин}$.

Стоимость обработки отверстий в одной детали рассчитывалась по формуле:

$$C = (C_{CM} \cdot T_{CЗ} + C_{И} \cdot N_{И}) / N_{Д}.$$

C_{CM} - стоимость станко-минуты работы многооперационного станка, грн/мин;

$T_{CЗ}$ - время выполнения сменного задания, мин;

$C_{И}$ - стоимость одного инструмента, грн;

$N_{Д}$ - число деталей изготавливаемых за время сменного задания.

Используя коэффициент, характеризующий отношение стоимости инструмента к стоимости станко-минуты $k = C_{И} / C_{CM}$, получим:

$$C = C_{CM} (T_{CЗ} + kN_{И}) / N_{Д}.$$

В результате расчетов, при различных значениях k , получена зависимость $C = f(S_{CP})$, из которой видно, что стоимость изготовления детали с повышением минутной подачи снижается. При достижении определенного значения стоимость изготовления резко возрастает из-за увеличения затрат на инструмент. Экономический эффект тем выше чем меньше значение k . Например, при $k = 0,5$ и значении стойкости $T = 8,6\%$ от нормативного, экономия составляет $6,9\%$; при $k = 1$ и значении стойкости $T = 21\%$ от нормативного экономия составляет $3,7\%$; при $k = 1,5$ и значении стойкости $T = 34\%$ от нормативного экономия составляет $2,2\%$; , при $k = 2$ и значении стойкости $T = 45,6\%$ от нормативного экономия составляет $1,4\%$.

Вывод. При увеличении минутной подачи можно повысить производительность и снизить себестоимость механической обработки. Оптимальное значение стойкости инструмента для данного варианта нормирования составляет $8 - 10\%$ от нормативной при $k = 0,5$.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И СТРУКТУРА РАБОТЫ ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Шашкова И. В., Руденко А. Б.

На кафедре технологии машиностроения создается универсальный программный продукт, который выполняет функции информационно-поисковой системы, основывающейся на иерархическом методе классификации объектов. Необходимостью создания его послужил "информационный голод", то есть нехватка, а в некоторых случаях и полное отсутствие, нормативной литературы в виде классификаторов, утвержденных для общего использования (общесоюзный классификатор промышленной и сельскохозяйственной продукции ОКП, классификатор ЕСКД, классификатор технологических операций, технологический классификатор деталей и др.). Для успешного функционирования этой поисковой системы необходимо наличие полной информации, без которой невозможно было бы осуществить поиск требуемого объекта. Частично эти данные уже занесены в информационную базу.

Базы данных содержат информацию, как о типоразмерах объекта, так и о его стандартном обозначении. Однако объем этой информации в пределах даже одного нормативного документа достаточно велик. А если учесть количество нормативных документов по всем видам, например, технологической оснастки, то возникает вопрос о том, где взять столько памяти ЭВМ для хранения этой информации. Поэтому зачастую в базах данных по технологическому оснащению приводится информация о наиболее часто употребляемой оснастке. При этом значительно сужается круг рассматриваемой информации по видам оснастки и ее типоразмерам.

При составлении баз данных для данной информационно-поисковой системы частично проведен анализ необходимой для хранения в базах данных информации, а также созданы математические модели, которые могли бы стать информационным эквивалентом существующих нормативных документов.

Структура работы информационно-поисковой системы разбита на этапы. В начале выбирается базовый классификатор. После выбора классификатора по исходным данным (последовательно вводимым по запросам программы) система определяет конкретный код классификатора. Данному коду соответствует ряд нормативных документов, среди которых выбирается необходимый. В конкретном нормативном документе есть несколько исполнений объекта, выбирается нужное, тем самым, установив постоянную часть обозначения, указывается необходимый типоразмер. Далее система с помощью математической модели и на основе уже полученной информации определяет переменную часть обозначения. Выводится весь состав размерных характеристик и полное стандартное обозначение объекта.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРЕРЫВИСТОГО ШЛИФОВАНИЯ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

А.И. Акилов; С.С. Градиль

Устройство представляет собой шлифовальную головку для обработки плоскостей торцом шлифовального круга, которому кроме основного движения резания – вращения, сообщается возвратно-поступательное движение в плоскости обработки и колебательное – перпендикулярно этой плоскости. Совокупность этих движений обеспечивает высокую точность и качество обработанной поверхности (в данном случае основным техническим требованием, которое предъявляется к детали является шероховатость обработанной поверхности Ra 0,8 мкм). При этом поверхностный слой детали упрочняется в результате наклепа на глубину до 40 мкм. Колебательное и возвратно-поступательное движения в плоскости обработки обеспечиваются гидравлическим приводом с управлением от золотникового механизма. Данный метод рационален для обработки плоских поверхностей точных деталей.

Важной задачей проектирования являлось обеспечение устойчивости работы системы золотниковых пар исполнительного механизма, выполненного в виде гидроцилиндра с поршнем совершающим возвратно поступательные движения.

Расчет проводился путем построения амплитудно-частотных характеристик по известным параметрам устройства. С этой целью гидропривод, состоящий из двух золотников и исполнительного механизма был представлен тремя типовыми динамическими звеньями, соединенными последовательно устойчивым колебательным звеном с передаточной функцией

$$W(S) = \frac{1}{T^2 S^2 + 2\zeta TS + 1}, \text{ интегрирующим звеном } W(S) = \frac{1}{S} \text{ и усилительным}$$

звеном с коэффициентом усиления K . Таким образом, гидропривод осевых колебаний с автоматическим переключением направления движения поршня золотниками управления и переключения является устойчивой системой, так как включает в себя только устойчивые звенья.

Основной целью проектируемой шлифовальной головки является исключение вибраций на промежуточной втулке и шпинделе. Это достигается тем, что в шлифовальной головке вращающаяся гильза выполнена совместно с валом привода вращения, установленного на корпусе поршневого гидровибратора. Такое решение упрощает кинематическую цепь передачи крутящего момента, снижает действие динамических нагрузок на промежуточную втулку и шпиндель, стабилизирует процесс тепловыделения в зоне контакта круга с изделием, так как процесс обработки осуществляется при постоянной глубине шлифования, без образования прижогов и погрешностей формы обрабатываемой поверхности.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕПЛОФИЗИКА

ТЕРМОТРАНСФОРМАЦИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ

В.М. Арсеньев, В.М. Козин

К числу низкопотенциальных газовых потоков относятся сбросные потоки газообразного промежуточного теплоносителя, которые применяются в системах теплоснабжения объектов коммунального или производственного назначения. В большинстве случаев это потоки атмосферного воздуха участвующие в процессах нагрева и отдачи теплоты потребителю.

Режимные параметры рассматриваемых потоков характеризуются следующими интервалами значений:

- температурный уровень изменяется в диапазоне $-20 - +50$ °С для систем воздушного обогрева помещений, и $-20 - +80$ °С для сушильных систем конвективного типа;
- потребная теплопроизводительность ограничивается в пределах 5 – 10 кВт.

В качестве расчетной базовой схемы принята прямоточная система циркуляции нагретого атмосферного воздуха через компонент потребления тепловой нагрузки за счет работы вентиляторов в проточной и вытяжной ветвях системы. Нагрев атмосферного воздуха реализуется в калориферах за счет теплообмена с жидким или парообразным теплоносителем.

Схемные энергосберегающие решения базируются на утилизации сбросного энергопотенциала потока воздуха выходящего из системы (обратного потока). В данной работе рассмотрены энергосберегающие схемы с рекуперацией и термотрансформацией теплоты обратного потока. В свою очередь термотрансформаторные (теплонаносные) схемы рассмотрены в двух вариантах:

- с циркуляцией рабочего вещества в самостоятельном контуре от утилизируемой среды и среды потребителя тепловой нагрузки, реализуемой путем введения в схему пароконденсационного теплового насоса, работающего на хладагентах с использованием процессов характеризующих цикл Лоренца;
- с циркуляцией утилизируемого сбросного потока через компрессорно-детандерный агрегат со снятием тепловой нагрузки в промежуточном теплообменнике.

Для сравнительного анализа по энергоэффективности базовой схемы и ее энергосберегающих вариантов используются критерии эксергетической эффективности. Практическое преимущество эксергетического подхода связано с возможностью получения абсолютных и относительных значений потерь в однозначном сопоставлении разнородных по форме энергопотоков.

В работе приводятся формализованные схемы эксергетические преобразований в базовой теплотехнической установке и в комплексе с теплонаносными компонентами. Для каждой схемы представлены уравнения определяющие величину эксергетического к.п.д.

ОПЫТНЫЙ СТЕНД ИССЛЕДОВАНИЯ ВАКУУМНЫХ АГРЕГАТОВ

С.С. Мелейчук

В ряде производств технологии переработки пищевых продуктов на основе консервирования и сушки используются системы тепло- и парогенерации. Замена технологий удаления жидкой фазы путем ее нагрева и выпарки на менее низкотемпературные процессы в условиях вакуума повышает качество продукции.

Для этих целей применяются жидкостнокольцевые вакуумные насосы, которые не обеспечивают уровень давления, требуемый в процессах технологического вакуумирования парогазовой смеси (20 кПа и меньше), вследствие своих конструктивных особенностей. Для снижения давления всасывания при сохранении требуемой производительности перед жидкостнокольцевым вакуумным насосом в качестве первой ступени устанавливаются газовый эжектор.

Опытный стенд включает в себя жидкостнокольцевой вакуумный насос с расположенным на всасывающем патрубке воздушным эжектором, водоотделитель, служащий для разделения жидкости и газа на выходе из вакуумного насоса, соединительные трубопроводы, арматура и система измерений. Кроме того, торцевая крышка корпуса вакуумного насоса имеет прозрачную структуру. Конструкция эжектора предусматривает изменение геометрических размеров его проточной части, а также изменение их взаимного расположения. Привод насоса 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 насос из сети через торцевые зазоры, при этом контролируются параметры рабочей жидкости.

Экспериментальный стенд позволяет решать следующие задачи:

1. Получение экспериментальных данных для построения рабочих характеристик $V=f(P_{BC})$ жидкостнокольцевого вакуумного насоса с предвключенным эжектором; где V —объемная производительность насоса, (P_{BC}) — давление всасывания.

2. Получение экспериментальных данных по энергетическим характеристикам, необходимых для определения удельной мощности вакуумного агрегата.

3. Получение экспериментальных данных по распределению поверхности жидкостного кольца, необходимых для оценки влияния предвключенного эжектора на жидкостнокольцевой вакуумный насос.

На основании получаемых данных возможна разработка методики согласования характеристик компонентов вакуумного агрегата в составе жидкостнокольцевого вакуумного насоса с предвключенным эжектором.

ВИХРЕВОЙ КОМПРЕССОР ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ НА ТЭЦ

В.М. Ващенко, С.М. Ванеев

Во многих ТЭЦ в качестве топлива применяется угольная пыль. Данный вид топлива уступает по теплоте сгорания другим видам, таким как природный газ или мазут. Но так как в Украине нет в достаточном объеме своих запасов нефти и газа, а запасы каменного угля достаточно велики, то целесообразно применение в качестве топлива более дешевой угольной пыли.

Для подачи угольной пыли в котлы сгорания на ТЭЦ предлагается применять вихревой компрессор. Преимуществами вихревых компрессоров перед другими компрессорами динамического действия являются: простота и надежность конструкции, что облегчает ремонт и техническое обслуживание; применение привода от асинхронного двигателя, т.е. нет необходимости установки мультипликатора; металлоемкость компрессора намного меньше, что сказывается на цене; отсутствие помпажных режимов работы, характерных для центробежных компрессоров; возможность пуска на открытую задвижку. Кроме того, конструкция вихревого компрессора позволяет выполнить охлаждение рабочего канала, что улучшает напорную характеристику машины.

Газовая смесь поступает в компрессор при температуре $60-80^{\circ}\text{C}$, что уже приводит к значительной температуре газа после сжатия в компрессоре. По заданию необходимо обеспечить температуру газа на выходе из компрессора не более $90-100^{\circ}\text{C}$. Это требование вызвано пожаровзрывоопасностью пыли угля. Для достижения такой температуры рассчитываются различные варианты исполнения установки: без охлаждения газа; с охлаждением газа на входе в компрессор; с охлаждением газа на входе и после сжатия в первой ступени компрессора; с различными вариантами распределения давления по ступеням.

По результатам расчетов следует, что рационально применять конструкцию с охлаждением газовой смеси на входе в компрессор и после сжатия в первой ступени. Затрачиваемая работа на сжатие во второй ступени меньше, так как газ менее нагрет. Это приводит к уменьшению суммарной потребляемой мощности компрессором.

Применение конструкции с охлаждением газа после сжатия в компрессоре приводит к дополнительным затратам энергии, что отрицательно сказывается на общей характеристике компрессора.

О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ АКТИВНОГО ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА В СТРУЙНОМ ТЕРМОКОМПРЕССОРЕ

В.Н. Марченко, Н.А. Жиленко, С.Н. Куценко

Для расчета рабочего процесса в камере смешения струйного термокомпрессора необходимы достоверные данные о параметрах пара в входном сечении. Поэтому необходимо решить задачу критического истечения вскипающей воды через канал активного сопла в условиях значительных недогревов и формировании расширяющейся струи в приемной камере.

В настоящее время нет общепринятого представления закономерностей течения самоиспаряющейся жидкости в каналах: результаты существующих подходов к расчету существенно отличаются. Изучение и обобщение опытного и аналитического материала приводит к наиболее обоснованной двухслойной модели течения в канале, когда в условиях значительных градиентов давления вдоль оси канала формируются два потока:

- центральное "ядро" метастабильно перегретой жидкости;
- пристенный кипящий поток, приобретающий вблизи выходного среза мелкодисперсную парок капельную структуру.

Взаимодействие этих спутных потоков и определяет характеристики формирующейся при истечении двухфазной струи. Предлагаемое решение задачи построено на выделении и уточнении условий существования предельного течения с завершенным процессом парообразования в канале и модельном приближении на основе анализа подобия пристенного течения для оценки степени завершенности парообразования в зависимости от геометрических характеристик и параметров воды на входе в канал. Многочисленными исследованиями установлено, что основным фактором, определяющим степень завершенности фазовых превращений в потоке, является время прохождения жидкостью канала, точнее – соотношение между временем процесса и временем релаксации. В общем случае перед фронтом вскипания в канале устанавливается величина давления, значение которого определяется из условия динамического равновесия между ростом скорости жидкого ядра и, соответственно, сокращением времени процесса и увеличением перегрева жидкости и поэтому повышением интенсивности парообразования.

Уточнение предельного решения для критического истечения вскипающей жидкости в виде полученных критериальных соотношений для учета степени завершенности парообразования согласуется с наиболее достоверными экспериментальными данными.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕНТРОСТРЕМИТЕЛЬНЫХ ТУРБИН В МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

В.Н. Марченко, М.Г. Прокопов, С.А. Прилико

В электрогенерирующих теплоэнергетических установках, как правило паротурбинных, мощностью свыше 30 МВт наблюдается тенденция по снижению расхода рабочего тела путем увеличения располагаемого теплоперепада (удельной работы) за счет повышения перепада давлений и температур в процессе расширения. За счет этого повышается коэффициент полезного действия цикла, который, как известно, определяется подведенной температурой T_1 , отведенной T_2 и относительной работой сжатия. Такой путь приводит к чрезмерному усложнению паротурбинных агрегатов, к увеличению числа осевых ступеней и т. д. Это неприемлемо в малых паротурбинных установках мощностью, например, 0,3 – 3,0 МВт, т.к. при малых расходах пара в лопаточном аппарате, что соответствует малой мощности, резко падает изоэнтропный КПД. Здесь нужны новые подходы, учитывающие специфику преобразования энергии.

Перспективным направлением в малой теплоэнергетике является использование новых двухконтурных схем для реализации паровых циклов со сравнительно небольшими теплоперепадами и расходами, позволяющие обеспечивать достаточно высокий изоэнтропный КПД паровой турбины. В этом направлении весьма заманчивым является применение центростремительных турбин, которые на порядок дешевле осевых турбин и изготавливаются на машиностроительных предприятиях среднего уровня. Расчет центростремительных турбин известен для криогенных установок в качестве детандера.

Применение этих турбин в теплоэнергетических установках требует определенных корректив расчетного метода из-за стремления получить такие параметры как окружную скорость вращения колеса меньше 300 м/с и желаемую частоту вращения ротора 3000 об/мин. Такая частота вращения соответствует стандартной электрогенератора, при использовании центростремительной турбины в электрогенерирующих системах.

По данному направлению проведены многовариантные компьютерные расчеты. Использованы методы МЭИ с указанной корректировкой конструктивных параметров при: $U < 300$ м/с, $N=0.3; 1.0; 3.0$ МВт.

Исследованы влияние конструктивных параметров $\alpha_2, \beta_1, \beta_2, \xi_{vt}$

и приведенного диаметра d_{pr} на коэффициент полезного действия, окружную скорость колеса, частоту вращения ротора турбины, диаметр колеса.

ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ МОДЕЛЕЙ ОБРАТНО- НАПРАВЛЯЮЩИХ АППАРАТОВ НА АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ СТЕНДЕ

Н.В. Калинин, А.Н. Калашников

В настоящее время в центробежных компрессорах в основном применяется лопаточная решетка обратного-направляющего аппарата (ОНА) с профилированными лопатками. Данные лопатки являются более эффективными по сравнению с лопатками постоянной толщины. ОНА с профилированными лопатками, спроектированы по линейному закону изменения площади межлопаточных каналов, что при $\rho = \text{const}$ почти тоже самое, что и линейное изменение среднерасходной скорости. Отсутствие экспериментальной информации о структуре потока, о распределении скоростей и давлений в таких лопаточных решетках делает необходимым проведения эксперимента.

Основной задачей экспериментальных исследований является определение структуры потока, в том числе выявление зон со значительной диффузорностью потока газа на вогнутой и выпуклой сторонах лопатки. При выявлении диффузорной зоны на вогнутой стороне лопатки ОНА, представляет интерес экспериментально проверить замыкается ли она на лопатке или сходит вниз по потоку, попадая в рабочее колесо. Изучение структуры потока в лопаточной решетке с лопатками традиционной формы при различных режимах течения дает информацию для разработки методики проектирования лопаточных решеток ОНА с предотрывным состоянием пограничного слоя.

Экспериментальные исследования проводятся на аэродинамической установке в СумГУ. Спроектированный стенд состоит из поворотного колеса, лопаточной решетки и выходного конфузора.

Основные геометрические параметры лопаточной решетки ОНА: $D_5 = 400 \text{ мм}$ – диаметр на входе в лопаточную решетку $D_6 = 216 \text{ мм}$ – диаметр на выходе из лопаточной решетки, $b_5 = b_6 = 25 \text{ мм}$ – ширина канала лопаточной решетки ОНА, $z = 19$ шт – количество лопаток.

Независимо от расчетного числа лопаток в решетке ОНА находится десять «рабочих» лопаток, т.е. лопаток имеющие дренаж, для измерения статического давления. Каждая «рабочая» лопатка имеет по десять отверстий расположенных вдоль лопатки на заданной высоте. Пять «рабочих» лопаток имеют отверстия с выпуклой стороны, и пять с вогнутой. Центр отверстий первого ряда находится на расстоянии $h_1 = 1,5 \text{ мм}$ от внутреннего диска ОНА (со стороны диффузора), второго – $h_2 = 6,5 \text{ мм}$, третьего – $h_3 = 12,5 \text{ мм}$, четвертого – $h_4 = 18,5 \text{ мм}$ и пятого – $h_5 = 23,5 \text{ мм}$. Дренажные отверстия выполнены диаметром $d = 1 \text{ мм}$ перпендикулярно к рабочей поверхности лопаток.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ В ДИФFUЗОРАХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ

Н.В. Калинин, А.Н. Бобров

При экспериментальных исследованиях течения газа в диффузорах центробежных компрессоров в качестве интегральной оценки их эффективности используются такие показатели, как коэффициент полезного действия, коэффициент потерь и коэффициент восстановления.

Потери мощности в диффузоре определяются коэффициентом потерь, который связан с изменением момента количества движения протекающего через диффузор газа. Расчетное определение количества диссипируемой энергии в диффузоре является сложной задачей и, в особенности при турбулентном режиме течения, который в большинстве случаев наблюдается в центробежных компрессорах. Поэтому важным способом определения потерь не только в диффузорах, но и в остальных элементах проточной части центробежного компрессора, является экспериментальный.

Для экспериментального определения изменения момента количества движения газа на экспериментальной установке (стенд статических продувок) диффузор закреплен на поворотном устройстве. Измерение момента осуществляется при помощи рычажных весов. Путем изменения массы груза, закрепленного на конце рычага происходит уравнивание действующего на диффузор со стороны газа момента.

Достоверность измерений и размеры рычажного устройства определяются в большей степени максимально возможным значением погрешности измерения. В безлопаточном диффузоре изменение момента количества движения газа может быть рассчитано для полностью развитого турбулентного течения, удовлетворяющем степенным профилям скоростей по приближенным зависимостям. Для параметров имеющейся экспериментальной установки значение изменения момента ориентировочно равняется 0,2...0,3 Н·м. В лопаточном диффузоре значение изменения момента количества движения газа больше, чем в безлопаточном, за счет воздействия потока на лопатки.

При абсолютных погрешностях в определении длины рычага (~1 мм) и массы весов (~1 г) относительная погрешность измерения момента для значений момента 0,2...0,3 Н·м составит около 0,1%, что достаточно для достоверности полученного значения изменения момента количества движения газа.

Измерение изменения момента в лопаточном и безлопаточном диффузорах с одинаковыми габаритными размерами позволяет определить изменение момента количества движения газа, вызываемое лопаточной решеткой без боковых стенок.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА И ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ В БЕЗЛОПАТОЧНОМ ДИФФУЗОРЕ

А.А. Макаров

При определении потерь энергии в безлопаточном диффузоре будем исходить из модели сомкнувшихся пограничных слоёв и допущений осевой и окружной симметрии потока. Рассмотренные выше результаты экспериментальных исследований часто не согласуются с принятыми допущениями (на выходе из колеса не наблюдается окружной симметрии, осевая симметрия чаще бывает исключением, чем правилом), однако введённые допущения позволяют значительно упростить математические преобразования и получить простые расчётные зависимости, пригодные для технических расчётов.

Уравнения осесимметричного движения в безлопаточном диффузоре можно представить в виде:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(p / \rho + 0,5C_\varphi^2 + 0,5C_r^2 \right) - C_\varphi \frac{\partial C_\varphi}{\partial r} - \frac{C_\varphi}{r} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_r}{\partial z}, \quad (1)$$

где τ - касательное напряжение;

r и φ - радиальное и окружное направление;

ρ - плотность потока.

Для течений, где $Cr \neq 0$ уравнения, записанные выше, приобретут вид:

$$\frac{\partial p^*}{\partial r} = \frac{\partial \tau_1}{\partial z} + \frac{C_\varphi}{C_r} \frac{\partial \tau_\varphi}{\partial z},$$

(2)

где $P^* = P + 0,5\rho(C_\varphi^2 + C_r^2)$ - полное давление потока в безлопаточном диффузоре при плоской схеме течения ($C_z = 0$). Для аппроксимации распределения касательных напряжений используем зависимости:

$$\begin{aligned} \tau_\varphi &= \tau_{\varphi f} (1 - \eta), \\ \tau_r &= \tau_{rff} \left[(1 - \eta) + 0,5A(1 - 4\eta + 3\eta^2) \right] \end{aligned} \quad (3)$$

где $\tau_{\varphi f} = 0,5\rho C_{\varphi f} C_{\varphi c}^2$ - окружная составляющая касательного напряжения на стенке;

$\tau_{rff} = 0,5\rho C_{rff} C_{rc}^2$ - радиальная составляющая касательного напряжения на стенке;

$C_{\varphi f}$, C_{rff} - коэффициенты поверхностного трения в окружном и радиальном направлениях соответственно (для радиального направления условный коэффициент).

Используя граничные условия для радиальной составляющей касательного напряжения и уравнение (1), можно получить формулу для определения параметра A :

$$A = -\frac{2}{3} \cdot \frac{b}{2r_0} \cdot \frac{r_0}{r} \cdot \frac{1 + \text{ctg}^2 \alpha_e}{C_{rff}}. \quad (4)$$

Используя зависимости (1) ÷ (4), а также зависимости для определения изменения C_r и C_ϕ по радиусу ($C_{re} = C_{roe} r_0 / r$, $C_{\phi e} = C_{\phi oe} r_0 / r$), после выполнения операций интегрирования по z и r можно получить формулу для определения потерь энергии в безлопаточном диффузоре

$$\xi_{BD} = \frac{1 - r_0 / r}{\bar{b}_2 (1 + \text{ctg}^2 \alpha_e) K_c} \left[C_{rff} \left(1 + \frac{27A + 5,6A^2}{71 + 7A} \right) + C_{\phi f} \frac{67,7 \text{ctg}^3 \alpha_e}{71 + 7A} \right], \quad (5)$$

где $\bar{b}_2 = b / 2r_0$ - относительная высота безлопаточного диффузора, которая принята постоянной по радиусу;

K_c - коэффициент Кориолиса который может определяться по формуле

$$K_c = C_e^{-2} C_{re}^{-1} \int_0^1 C^2 C_r d\eta = 6(1 + m)^{-1} + 75(2 + m^{-1}) + \\ + 75(3 + m)^{-1} + 5(4 + m)^{-1} - 61(3 + 2m)^{-1} - 200(5 + 2m)^{-1} - \\ - 60(7 + 2m)^{-1} + A \left[(2 + 2m)^{-1} - 2(3 + 2m)^{-1} - (4 + 2m)^{-1} \right] \quad (6)$$

Если учесть зависимость (4), то формула (5) может быть записана в виде

$$\xi_{BD} = -(3AK_c)^{-1} \left(1 - r_0^2 / r^2 \right) \left(1 - \frac{27A + 5,6A^2}{71 + 7A} + \frac{\lambda_f}{K_{T1}} \cdot \frac{67,7 \text{ctg}^3 \alpha_e}{71 + 7A} \right), \quad (7)$$

где $\lambda_f = C_{\phi f} / C_{rff}$ - отношение коэффициентов трения в окружном и радиальном направлениях.

Если исходить из линейного закона изменения касательных напряжений по высоте безлопаточного диффузора (такое допущение в данной работе принято только для окружной составляющей напряжения, то из формулы (5) можно определить условный местный коэффициент поверхностного трения:

$$C_f = -(3A)^{-1} (1 + r_0 / r) \frac{r_0}{r} \cdot \frac{b}{2r_0} \left[1 + \frac{27A + 5,6A^2}{71 + 7A} + \frac{\lambda_f}{K_{T1}} \cdot \frac{67,7 \text{ctg}^3 \alpha_e}{71 + 7A} \right] \quad (8)$$

ПОЭЛЕМЕНТНЫЙ РАСЧЕТ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА

Н.В. Калинин Н.В., Ю.Ю. Михайлова

Газодинамические характеристики компрессора позволяют оценить его энергетические и экономические свойства, прогнозировать значения производительности, создаваемого давления газа, потребляемой мощности в процессе регулирования компрессора во время его эксплуатации. Для более углубленного рассмотрения работы компрессора желательно иметь также характеристики его отдельных ступеней. Поэлементный анализ характеристик каждой ступени позволяет улучшить согласование работы отдельных элементов между собой и за счет этого достичь улучшения газодинамических характеристик компрессора.

Величинами, характеризующими свойства отдельных элементов ступени, могут служить коэффициент потерь ζ и коэффициент восстановления ξ . Коэффициенты ζ и ξ пригодны для оценки энергетических свойств любого элемента проточной части. Для оценки влияния рассматриваемого элемента на экономичность ступени необходимо установить, какую долю работы, затрачиваемой на сжатие, составляют "потери" энергии в данном элементе, т.е. найти величину снижения к.п.д. ступени $\Delta\eta$ вследствие диссипации энергии в рассматриваемом элементе.

Для рабочего колеса, лопаточного диффузора и обратно-направляющего аппарата в качестве характеристики приняты зависимости коэффициентов потерь от угла атаки. Для безлопаточного диффузора и выходного устройства – зависимость коэффициента потерь от угла потока α в абсолютном движении в сечении 3-3 и 4-4 соответственно.

Расчет газодинамических характеристик компрессора выполняется последовательно от входного патрубка до выходного с использованием уравнений состояния, процесса, неразрывности и сохранения энергии. Исходными данными являются геометрические параметры компрессора, состав и начальные параметры сжимаемого газа, частота вращения ротора, задается количество расчетных режимов работы компрессора по расходу (обычно не более 10). Программа предоставляет пользователю возможность выбора способа определения характеристик элементов ступени:

- используются обобщенные характеристики;
- характеристики задаются по усмотрению пользователя (например, из

собственного банка данных).

Для любого расчетного режима работы компрессора по указанию пользователя предоставляется информация о работе каждого элемента ступени. Эта информация может быть использована для улучшения согласования работы отдельных элементов между собой.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦИЙ САМОДЕЙСТВУЮЩИХ КЛАПАНОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТА НА СТЕНДЕ СТАТИЧЕСКИХ ПРО- ДУВОК

А.В. Красуля, С.В. Коротенко

В докладе приведены результаты сравнительного расчета теряемого давления и мощности при прохождении газа через клапан поршневого компрессора для двух различных конструкций - базовой и новой, а также данные экспериментальных исследований, выполненных на стенде статических продувок клапанов.

Продувка клапанов производилась воздухом при небольших давлениях. Действительный расход воздуха через клапан при продувке определялся на основании измерений на стандартной мерной диафрагме, установленной на трубопроводе перед продувочной камерой в соответствии с «Правилами измерения расхода газов и жидкостей сужающими устройствами РД 50-213—80».

Эквивалентная площадь клапана по результатам продувки определяется следующим образом:

$$\Phi = \alpha_D \cdot F_D \cdot \frac{\varepsilon_D}{\varepsilon_K} \sqrt{\frac{\Delta P_D \cdot \left(P_D + \frac{B}{735,6} \right) \cdot (273 + t_K)}{\Delta P_K \cdot \left(P_K + \frac{B}{735,6} \right) \cdot (273 + t_D)}}$$

где α_D - коэффициент расхода диафрагмы; F_D - площадь отверстия диафрагмы, см²; $\varepsilon_K, \varepsilon_D$ - коэффициент расширения в клапане и диафрагме; $\Delta P_K, \Delta P_D$ - разность давлений на клапане и диафрагме; $P_D + B$ - абсолютное давление перед диафрагмой; $P_K + B$ - абсолютное давление перед клапаном; t_R - температура воздуха перед клапаном, °С; t_D - температура воздуха перед диафрагмой, °С.

Коэффициент расхода клапана определялся по формуле: $\alpha = \Phi / F_C$,

где Φ - эквивалентная площадь клапана, м²; F_C - площадь седла, м².

Для сокращения времени, необходимого для обработки результатов эксперимента и расчета потерь мощности, созданы соответствующие программы расчетов.

Вывод: Результаты исследований и полученные расчетные данные, в части технической характеристики и интегральных энергетических показателей, подтверждают преимущество новой конструкции клапана в сравнении с базовой.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ IDEF0 ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ДИАГРАММ ДЕКОМПОЗИЦИИ МЕХАНИЗМА ДВИЖЕНИЯ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА

С.М. Ващенко

Разработка любой сложной системы, к которой можно отнести поршневой компрессор, должна начинаться со структурно-функционального анализа и моделирования ее в целом и всех ее подсистем в частности. Для этого применяется методология моделирования IDEF как подмножество широко используемой методологии SADT. IDEF позволяет исследовать структуру, параметры и характеристики объектов моделирования.

Общая методология IDEF состоит из частных методологий, одной из которых является методология IDEF0, предназначенная для создания структурно-функциональной модели, отображающей структуру, а также процессы и функции системы.

В основу методологии IDEF0 положен процесс декомпозиции, основанный на объектно-ориентированном подходе к рассмотрению объекта проектирования как системы взаимосвязанных элементов. Полученная при анализе информация представляется в виде иерархической структуры в графическом виде – диаграммы узлов. На наивысшем, нулевом уровне расположена сама система уравнивания поршневого компрессора (СУПК), принятая к рассмотрению как метасистема. В метасистеме выделены три подсистемы первого уровня – это кривошипно-шатунный механизм, цилиндропоршневая группа и механизм уравнивания. Декомпозиция каждой из подсистем всех уровней позволила создать диаграмму, представляющую собой структурную схему объекта моделирования, в которой указаны основные конструкторско-технологические элементы, а также их характеристики.

Разработанная структурная схема учитывает характерные особенности конструкции и достаточно полно описывает моделируемую систему СУПК. На базе полученной диаграммы будут составлены перечень основных характеристик объекта моделирования и перечень данных, используемых, как исходные, при выполнении проектировочных и поверочных расчетов, определены и разработаны базы данных серийных или унифицированных деталей, необходимые базы знаний, содержащие формализованные знания специалистов и опыт НИИ и КБ предприятий.

Следующим этапом проектирования, согласно стандарту, является создание функциональной модели, которая будет отображать процессы и функции системы СУПК, а также потоки информации и конструктивные элементы, преобразуемые этими функциями.

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН

РОЗВИТОК ГРАФІЧНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРІВ

І.В.Баранова

Можливості сучасних графічних пакетів для ЕОМ дозволяють переглянути зміст та методи графічної підготовки інженерів. На даний час активно впроваджується нова технологія інженерної праці на усіх стадіях від проектування виробу до його виготовлення. Актуальними стають інформаційні технології підтримки життєвого циклу виробу – CALS-технології, у яких геометрична модель є відправною точкою при побудові різних етапів дослідження, проектування та виготовлення цього виробу.

Проектування починається із створення геометричної моделі на основі геометричних даних об'єкта при застосуванні математичних методів. Така віртуальна модель дає можливість дослідити об'єкт візуально, здійснювати віртуальне складання і розбирання, виконувати багато видів стандартних розрахунків, проводити віртуальний експеримент, проектувати технологічну підготовку виробництва, і в тому числі розробляти конструкторську документацію. Таким чином, розробка креслярсько-графічної документації не є тепер першим і найбільш важливим етапом у проектуванні виробу, що приводить до необхідності в інженерній освіті перейти від графічних методів побудови моделей об'єктів до математичних. Це докорінно міняє зміст геометричної та графічної підготовки інженерів. Дуже важливою стає задача переходу від основних понять геометрії, методу проєкцій як основи представлення та формоутворення об'єктів до аналітичного опису об'єктів, математичних методів розв'язання задач геометричного характеру, способів побудови геометричних моделей, тобто до таких методів, які дозволяють формалізувати задачі інженерної геометрії з точки зору розв'язання їх на ЕОМ.

Вивчення таких технологій дозволяє на новому рівні розвивати предметно-образну уяву, розв'язувати задачі геометричного характеру на всіх етапах проектування, розуміти принципи, методи і способи створення геометричних моделей об'єктів та їх використання для задач конструювання і технологічної підготовки виробництва.

Новий інформаційний зміст геометричної та графічної підготовки потребує нової організації занять, використання сучасних педагогічних технологій. В ситуації, коли студенти мають обмежений доступ до ПЕОМ у вузі, немає відповідної літератури в бібліотеках, вирішенням проблеми сучасної геометричної та графічної підготовки може стати застосування дистанційних технологій. При цьому найбільш доступним і таким, що швидко дає ефект, є використання CD в навчальному процесі. На CD записуються електронні навчальні посібники, методичні вказівки до виконання лабораторних робіт, приклади розрахунково-графічних завдань, анімаційні ролики, завдання на виконання курсової роботи, приклади її виконання, і т.і.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОПРО

И. В. Бубнов, С. А. Савченко, Д. И. Бубнов

Система ТехноПро обеспечивает проектирование операционной технологии: заготовительные операции, механической и термической обработки, нанесения покрытий, слесарные, технического контроля, сборки и другие. Система формирует технологические процессы, включающие: наименования операций, оборудование, приспособления, вспомогательные материалы, формирует тексты переходов, рассчитывает технологические размеры с учетом припусков на обработку, обеспечивает подбор режущего, измерительного и вспомогательного инструментов, а также обеспечивает расчеты режимов обработки, норм изготовления и расхода материалов.

ТехноПро создает операционные, маршрутно-операционные и маршрутные технологические карты, карты контроля, ведомости оснастки, титульные листы и другие технологические документы. Обеспечивает создание технологических документов произвольных форм с использованием шаблонов Microsoft Word.

Программа имеет трансляторы для передачи данных в ТехноПро из любой системы автоматизированного проектирования, позволяющей идентифицировать на чертеже или трёхмерной модели элементы конструкции детали.

Технолог безо всякого программирования может «обучить» систему ТехноПро автоматически проектировать ТП, которых ранее в ней не было. Пользователю достаточно ввести описания всех операций, участвующих в ТП. При этом выявляются условия выбора операций, переходов, инструментов, а также выполнения необходимых вычислений. После этого можно переходить к автоматическому проектированию любого количества технологических процессов.

Как известно, никакая компьютерная система не в состоянии заменить квалифицированного специалиста. Поэтому система ТехноПро создана как средство существенно ускоряющее и упрощающее проектирование технологии, расчеты режимов и норм, технологических размерных цепей, формирование текстов переходов, выбор необходимой оснастки и инструментов, формирование документации и операционных эскизов.

Система позволяет аккумулировать опыт наиболее квалифицированных специалистов предприятия, использовать и тиражировать его, обучать на его основе студентов. На кафедре ОПМ ведутся работы по изучению и использованию в учебном процессе системы ТехноПро. Студенты четвертого и пятого курсов используют учебную версию программы ТехноПро в курсовом и дипломном проектировании.

ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И РАБОТА С ГРАФИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ В ТЕХНОПРО

Н. В. Насоненко, И. В. Бубнов

Система ТехноПро предназначена для проектирования операционных, маршрутно-операционных и маршрутных технологических процессов (ТП), включая формирование маршрута, операций и переходов, с выбором оборудования, приспособлений, подбором инструментов, формированием текстов переходов, расчётом технологических размерных цепей, режимов обработки и норм изготовления. Важную роль в данной системе играют принципы оформления технологической документации и графические возможности программы ТехноПро.

В системе ТехноПро можно получать такую технологическую документацию как: операционные карты, маршрутно-операционные, маршрутные, карты контроля, титульные листы, в виде полностью доступных для корректировки пользователями шаблоном документов, комплекта документов или ведомостей. Также могут изменены и дополнены формы технологических документов по ГОСТ новыми формами. Получить документы можно в виде файлов MS Word или в виде отчётов MS Access. Графические элементы в шаблоны документов добавляются с помощью утилит MS Word вставкой рисунка из файла или копированием его из графических редакторов. Также организована обратная связь, при которой технологическую карту в виде документа можно связать с ТехноПро.

Система ТехноПро обеспечивает присоединение к технологическим процессам и просмотр эскизов, чертежей, иллюстраций, выполненных любыми программными средствами, включая: AutoCad, T-FLEX CAD, Компас-график, CADMech, Corel Draw, Paint Brush и другими. Рекомендуется использовать форматы графических данных: emf, wmf, dxf, tif, gif, bmp. Система ТехноПро не содержит графических средств создания эскизов, чертежей, иллюстраций, но обеспечивает взаимодействие с любыми графическими системами. Для ускоренной подготовки эскизов используется программа ТехЭскиз. Программа обеспечивает передачу данных из операций ТП в эскизы, подготовленные в T-FLEX CAD.

В дипломной работе разработан технологический процесс изготовления полумуфты фрикционной муфты. При разработке процесса использовался чертёж полумуфты, созданный в программе Mechanical Desktop в формате dxf, а также операционные эскизы для обозначения типа поверхностей. Составлен пакет из операционной карты, маршрутно-операционной и маршрутной карт. В качестве графической вставки, карты содержат в себе чертёж полумуфты.

ПРИМЕНЕНИЕ SADT-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ САПР ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЗМА ДВИЖЕНИЯ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА

М.В. Артекова, С.М. Ващенко, И.В. Ермоленко, Н.Н. Карпенко

В сложившихся на сегодняшний день рыночных условиях выпуск конкурентоспособной продукции невозможен без внедрения на производстве информационных технологий. Современные САПР должны не просто переносить изображения с листа бумаги на дисплей монитора или автоматизировать вычислительные действия. В результате автоматизированного проектирования необходимо получать полноценную электронную модель, отражающую структуру изделия, его взаимодействие с оборудованием, инструментом и исполнителями на всех этапах жизненного цикла изделия. Один из путей реализации этого подхода состоит в применении системных методов проектирования на базе SADT-технологии.

Применение системного подхода при рассмотрении механизма движения поршневого компрессора позволит построить структурно-функциональную схему, содержащую основные конструкторско-технологические элементы и отражающую основные функции моделируемой системы.

Анализ полученной диаграммы позволит определить перечень математических моделей, требуемых для построения подсистемы САПР, и перечень проверочных расчетов и данных, необходимых для них. Также при анализе структурной схемы будет составлен перечень баз данных, содержащих параметры, необходимых для расчета элементов механизма движения.

Разрабатываемая система должна содержать три основных модуля:

- модуль расчета основных деталей механизма движения, включающий блоки: определения конструктивных размеров, расчеты на прочность, выбора требуемых параметров из баз данных и др.;
- модуль автоматического генерирования параметрических 3D моделей, необходимых для визуальной оценки и внесения изменений в конструкцию. Это обеспечит вариантное проектирование;
- модуль автоматизированного генерирования конструкторской документации в соответствии со стандартами ЕСКД, включающий в себя сборочные чертежи, рабочие чертежи всех деталей механизма, спецификации и т.д.

Применение разрабатываемой САПР позволит значительно снизить сроки конструкторско-технологической подготовки производства, уменьшить количество ошибок в процессе проектирования, а, следовательно, повысить качество производимой продукции.

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ САПР ВЕДУЩЕГО ВАЛА ОДНОСТУПЕНЧАТОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

Ващенко С.М., Концевич М. В.

Современные условия развития производства требуют поставки на рынок новой высококачественной продукции под конкретный заказ потребителя. Решение этой задачи возможно за счет создания современных информационных систем и разработки нового программного обеспечения для организации конструкторско-технологической подготовки производства.

На основании системного подхода к разработке и конструированию ведущего вала одноступенчатого цилиндрического редуктора с помощью пакета визуального программирования C++ Builder 5.0 и пакета твердотельного моделирования Mechanical Desktop 6.0. разработана геометрическая параметрическая модель вала.

Для определения конструктивных размеров сборочной единицы «Вал ведущий», расчета на прочность и выбора подшипников используется созданный автором модуль расчета в диалоговом режиме.

На основе разработанной параметрической 3D модели редуктора, учитывающей все необходимые функциональные и технологические элементы, у инженера-конструктора появляется возможность вариантной разработки конструкции вала.

В соответствии с требованием CALS-технологии в разработанной информационной системе содержится модуль автоматизированного генерирования электронной конструкторской документации в полном соответствии ЕСКД, ГОСТ и иной нормативно-технической документации.

На основании разработанной учебной версии САПР ведущего вала в дальнейшем можно определить перечень математических моделей, требуемых для построения реальной САПР, и перечень поверочных расчетов и данных, необходимых для них. Также на основе анализа структурной схемы вала можно составить перечень баз данных, содержащих параметры, необходимых для расчета основных конструктивно-технологических элементов сборочного узла «Вал ведущий».

Применение разрабатываемой САПР в учебном процессе позволит научить студентов инженерного факультета использовать современные средства автоматизации проектирования, уменьшить количество ошибок в процессе проектирования, а, следовательно, повысить качество курсового и дипломного проектирования.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОДОГРАФОВ ВЕКТОРОВ СКОРОСТЕЙ И УСКОРЕНИЙ ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧЕК РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА

Д.П. Дрягин, С.А. Сухоставец

Определение динамических параметров рычажных механизмов, таких, как мощности трения в кинематических парах и силы инерции звеньев, необходимо выполнять в автоматическом режиме с тем, чтобы можно было выявлять особые положения механизмов, в которых названные параметры могут выходить за допустимые пределы. Оценка динамических характеристик механизма в первом приближении может выполняться по картинам годографов скоростей и ускорений точек механизма.

Поставленная задача решается на примере рычажного шестизвенного механизма движения поперечно-строгального станка.

Построение анимационного плана рычажного механизма начинается с введения неподвижной системы координат с началом на оси вращения кривошипа. Длины звеньев в разрабатываемой программе задаются с возможностью их варьирования в широких пределах для отдельно взятых звеньев при условии соблюдения общего выбранного масштаба длин.

За обобщенную координату механизма принимается угол поворота кривошипа с шаговым изменением в один градус.

Для выявления особых положений механизма в автоматизированном режиме решается совместная задача механизма с планами скоростей и ускорений.

В программе геометрической подвижной картины плана механизма переменные углы поворота подвижных звеньев выражаются в функции угла поворота кривошипа.

На основании анимационного плана механизма выполняется построение также анимационных планов скоростей и ускорений.

При разработке функций построения скоростей и ускорений переменные углы положений звеньев являются основанием для формирования этих функций.

Определение скоростей и ускорений характерных точек механизма, а также угловых скоростей и ускорений звеньев выполняется в программе с учетом векторно-функциональных решений, применяемых в ТММ благодаря делению механизма на структурные группы (диады).

Картины годографов скоростей и ускорений характерных точек механизма строятся путем отображения на экране конечных точек векторов скоростей и ускорений.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММЫ «ТММ-2» В ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Д.П. Дрягин, А.Н. Бобров

В 2003 году на кафедре ОПМ СумГУ была разработана программа «ТММ-1», с помощью которой решаются задачи автоматизированного проектирования геометрии и кинематики плоских шестизвенных рычажных механизмов.

В решаемых с помощью программы «ТММ-1» задачах удается в автоматизированном режиме определять оптимальные соотношения длин звеньев, при которых минимизируются потери на трение в кинематических парах.

Автоматизация определения скоростей и ускорений характерных точек механизма позволяет изучить его поведение в особых положениях, для которых на скорости и ускорения могут налагаться определенные ограничения.

Разработанная на кафедре ОПМ в 2004 году программа «ТММ-2» является дальнейшим развитием программы «ТММ-1», позволяющая решать в автоматизированном режиме не только задачи геометрии и кинематики, но и весьма важные для инженерного проектирования задачи кинетостатики.

В данной постановке программа «ТММ-2» может рассматриваться как подсистема САПР плоских рычажных механизмов.

Основу программы «ТММ-2» составляет общий метод решения замкнутых контуров, которые отображают длины звеньев, сторонам которых придаются определенные направления, т.е. фактически эти стороны являются векторами.

Преимуществом данного метода является то, что в любом рычажном механизме всегда найдется замкнутый контур, который функционально определим. После решения этого контура становятся функционально определимыми остальные замкнутые контуры механизма.

Переменная геометрия рычажных механизмов приводит к необходимости нахождения передаточных функций между подвижными звеньями и входным звеном механизма, но в основе решения этой задачи также лежит контурный метод.

Знание передаточных функций позволяет сравнительно просто автоматизировать расчеты геометрии, кинематики и кинетостатики рычажного механизма.

Реализация программы «ТММ-2» осуществлена для механизма щековой дробилки при автоматизированном выборе геометрических параметров механизма и при определении скоростей, ускорений и давлений в кинематических парах.

СТРУКТУРНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ В КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОМ МЕХАНИЗМЕ

Д.П. Дрягин, С.Н. Селивоненк

Структурное исследование кривошипно-ползунного механизма (КПМ) в предположении учета неизменяемости звеньев и постоянства кинематических пар не позволяет выявить в нем упругие колебания, что противоречит экспериментальным данным, приводимым в работах известных ученых С.Н. Кожевникова и В.И. Соколовского.

Контурозвенный подход к исследованию КПМ позволяет учитывать существование переменной кинематической пары, отображающей изменяемый шатун с варьируемым поперечным сечением.

Рассмотрены три вида сечения шатуна (табл. 1). Тело шатуна - упруго-податливое, т.е. изменяемое.

Для трех рассматриваемых случаев определены параметры H_V и S_V переменной кинематической пары. Значения этих параметров приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Значения H_V и S_V переменной пары КПМ

Вид поперечного сечения шатуна	Квадратное (вариант 1)	Круглое (вариант 2)	Прямоугольное (вариант 3)
H_V/S_V	3/3	4/2	2/4

Результаты исследования КПМ с переменной парой приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Контурозвенно-функциональные параметры КПМ с переменной парой

Варианты КПМ	n_I	n_{II}	q	S_o	W	α_c
1	3	1	0	3	4	1
2	3	1	-1	3	5	1
3	3	1	1	3	3	0,833

Анализ множеств W независимых переменных в табл. 2 позволяет сделать следующие выводы.

Вариант 1. Возможны два вида изгибных колебаний и продольное колебание шатуна.

Вариант 2. Дополнительно возможно крутильное колебание в шатуне.

Вариант 3. Возможно наблюдение поперечных изгибных колебаний шатуна в горизонтальной плоскости и его продольное колебание.

Литература

Дрягин Д.П. Исследование структурных свойств механизма с переменной кинематической парой // Вісник Сумського державного університету, 2003. №3 (49). – С. 183-187.

РАЗРАБОТКА САПР КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ОДНОСТУПЕНЧАТОГО ПРЯМОЗУБОГО РЕДУКТОРА

В.Г. Концевич, А.И. Грекулов

В современных условиях ускоренного развития производства от предприятий требуется постоянное обновление выпускаемой продукции, с одновременным повышением качества и полным соответствием ее требованиям заказчика. Без внедрения современных информационных технологий невозможно добиться всемерного сокращения сроков и стоимости дизайнерской, архитектурной и инженерной (конструкторско-технологической) подготовки производства. В связи с этим появляется необходимость разработки нового программного обеспечения для эффективного и быстрого решения поставленных задач.

Сделана попытка реализации одной из таких задач на примере одноступенчатого прямозубого цилиндрического редуктора. Программный пакет разработан в среде визуального программирования C++ Builder 5.0 и среде геометрического трехмерного моделирования Mechanical Desktop 6.0.

Программа включает три модуля:

- модуль расчета одноступенчатого цилиндрического редуктора, состоящий из блоков: определение конструктивных размеров, расчета на прочность валов, выбора подшипников, расчета геометрических параметров зубчатого зацепления, кинематического расчета и т.д.;
- модуль автоматического генерирования параметрической 3D модели редуктора, необходимый для визуальной оценки и внесения изменений в конструкцию. Модель позволяет осуществлять авторское проектирование редуктор по своему усмотрению путем модифицирования отдельных параметров, что обеспечивает вариантное проектирование деталей или узлов;
- модуль автоматизированного генерирования конструкторской документации в соответствии с действующими стандартами, включающий в себя сборочные чертежи, рабочие чертежи всех деталей редуктора, спецификации, и т.д.

Разработаны базы данных для всех параметров, необходимых для расчета редуктора. Создана база данных по электродвигателям и база данных по конструкционным материалам.

Внедрение системы позволит обеспечить снижение сроков проектирования изделия, уменьшить количество ошибок в процессе проектирования, а следовательно, повысить качество изделия.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОЦЕССОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

В.Г. Концевич, Д.В. Руденко

Основные задачи автоматизации технологической подготовки:

- повышение качества и снижение себестоимости изделий, повышение эффективности работы производства;
- обеспечение быструю реакцию предприятия на необходимость модификации выпускаемых изделий (в соответствии с требованиями рынка, результатами эксплуатации, рекламациями заказчиков и т.д.);
- сокращение цикла проектирования для вновь разрабатываемых и модифицируемых изделий;
- сокращение сроков и снижение затрат на подготовку производства;
- сокращение количества ошибок, возникающих на стадии ТПП;
- проведение реинжиниринга с целью объединение служб ТПП в рамках единой информационной системы для повышения управляемости этого процесса, повышение качества управленческих функций;
- решения задач планирования и управления производством на более высоком уровне;
- улучшение производства за счет мониторинга жизненного цикла (ЖЦ) изделия; систематизации информации о продукции, технологиях ее изготовления и необходимых для производства ресурсах; стандартизации форм обмена информацией, способов ее создания и обработки;
- повышение эффективности работы отдельных подразделений за счет информационной поддержки ЖЦ на всех стадиях ТПП;
- применения современных средств информатизации и автоматизации;

Цикл проектирования:

Разработка состава и структуры изделия

Разработка технологических процессов.

Расчет материальных и трудовых нормативов

**Формирование плана производства и производственной программы
для подразделений, расчет потребности производства в ресурсах**

Контроль фактического изготовления

Связь с внешними приложениями

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОСНОВНОГО УРАВНЕНИЯ СМАЗКИ ДЛЯ ГАЗОВОЙ ПЛЁНКИ, ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ В ТОРЦОВОМ ЗАЗОРЕ ИМПУЛЬСНОГО УПЛОТНЕНИЯ

Кузнецов Э. Г.

Обеспечение надёжности и герметичности роторных машин является одной из важнейших задач современного машиностроения, особенно в связи с возросшими требованиями по защите окружающей среды и улучшению экологической обстановки в мире. Однако современная промышленность требует увеличения давлений и подач перекачиваемых жидкостей и газов, поэтому при проектировании насосных и компрессорных агрегатов стоит задача создания эффективного концевое уплотнения вала, отвечающего современным требованиям и обладающего значительной величиной ресурса. Одним из уплотнений, отвечающих этим требованиям, является торцовое газозатворное уплотнение импульсного типа, в котором пленка газовой смазки создается и поддерживается в уплотняемом зазоре с помощью специальных питающих каналов и замкнутых камер, выполненных на рабочих поверхностях уплотнения. Не смотря на его высокие рабочие характеристики, полученные в ходе экспериментальных исследований, широкое применение этого перспективного уплотнения сдерживается отсутствием расчётной модели, описывающей двумерное течение газа в торцовом зазоре.

В докладе предложен способ определения поля давления в смазочном слое торцового зазора уплотнения. Обычно для определения давления в тонких смазочных слоях используют широко известное из теории смазки уравнение Рейнольдса. В общем виде это уравнение аналитического решения не имеет, поэтому для его решения прибегают к использованию численных методов. Предлагаемое решение реализовано с помощью современного численного метода граничных элементов, который в последнее время приобретает все большую популярность в задачах механики сплошных сред. Метод основан на том, что вместо решения дифференциального уравнения в частных производных, описывающего исходную краевую задачу ищется решение интегрального уравнения по границе исследуемой области, которое получается применением к искомой функции третьей формулы Грина. Интегральное уравнение решается численно посредством разбиения границы области на участки (элементы).

Приведенное в докладе решение отвечает двумерной задаче о движении затворного газа в зазоре (рассмотрено одновременное влияние на распределение давления радиального и окружного течений). В качестве области решения задан участок торцового зазора. В заключении дан анализ полученных для различных условий работы эпюр распределения давления.

РАЗРАБОТКА И СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ МАШИН-АВТОМАТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

М.А. Никитин, А.В. Иванов

В настоящее время технологические процессы выполняются машинами-автоматами при соблюдении последовательности операций. Эта последовательность обеспечивается заданной циклограммой или тактограммой (шифрограммой). Шифрограмма задается в виде набора чисел, которые указывают номер механизмов и последовательность их движений по тактам.

Проектирование схем управления состоит из 4^x этапов. Начальный этап состоит в проверке тактограммы на реализуемость. В каждом такте наборы управляющих сигналов для исполнительных механизмов должны отличаться друг от друга. В противном случае система управления не справится с поставленной задачей. Для устранения одинаковых наборов сигналов, то есть для перевода тактограммы в реализуемую, вводится дополнительный логический элемент (сигнал z), который называется элементом «памяти». В качестве «памяти» можно использовать двухпозиционный трехлинейный распределитель с приводом от кулачка или электрическое реле. Кроме того, включение и выключение «памяти» по тактам должно быть таким, чтобы исключить повтор одинаковых наборов сигналов. Если тактограмма не реализуется с одним элементом «памяти», следует ввести второй или третий.

В общем случае может оказаться, что элемент «памяти» не требуется или необходимо вводить один или несколько. Для определения числа логических элементов «памяти» и места их включения и выключения, а также связь этих параметров с шифрограммой была составлена программа для ЭВМ.

Рассмотрено около ста шифрограмм для машин с тремя исполнительными механизмами, которые квалифицировали следующим образом

- а – не имеющие в своем составе спаренных чисел (12 31 23);
- б – имеющие одну пару спаренных чисел (22 13 13),
имеющие две пары одинаковых чисел (11 32 23),
имеющие две пары из разных чисел (13 23 21);
- в – имеющие три пары одинаковых чисел (33 11 22).

В результате исследований установлена связь между шифром тактограммы и числом элементов «памяти». По пункту а – элемент «памяти» отсутствует, по пункту б – один элемент и по пункту в – два. Включение или выключение «памяти» необходимо производить между одинаковыми наборами сигналов.

ДИСТАНЦИОННЫЙ КУРС «ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»

О.И. Салтыкова

17 марта 2004 года на заседании «Круглого стола» лаборатории дистанционного обучения была проведена презентация дистанционного курса «Инженерная и компьютерная графика», разработанного преподавателями кафедры основ проектирования машин.

Структурно курс вышеназванной дисциплины состоит из трех взаимосвязанных разделов: «Начертательная геометрия», «Инженерная графика» и «Компьютерная графика».

Раздел «Начертательная геометрия» включает в себя 18 лекций, 12 практических занятий, контрольную работу и материалы к экзамену.

Раздел «Инженерная графика» состоит из 16 практических занятий, в которых изложен теоретический материал, необходимый для выполнения контрольной работы по данному разделу и перечня контрольных вопросов к зачету.

Раздел «Компьютерная графика» включает в себя лекцию, 8 лабораторных работ и перечень контрольных вопросов по данному разделу. По разделам «Инженерная графика» и «Компьютерная графика» выполняется общая контрольная работа.

Предлагаемый электронный учебник представляет собой полный курс дисциплины «Инженерная и компьютерная графика», соответствующий рабочей программе. Объем дистанционного курса составляет 200 Мбайт, в распечатанном виде это составляет 800 страниц формата А5.

В настоящий момент завершен первый этап работы над дистанционным курсом, когда тщательно подобран весь теоретический материал с соответствующими иллюстрациями, отобраны задачи и задания для практических занятий и контрольных работ, примеры выполнения заданий, составлен перечень контрольных вопросов по разделам курса.

С целью улучшения восприятия студентами предлагаемой информации желательно графические изображения представлять не в черно-белом изображении, а в цвете. Для обеспечения наглядности с помощью современных графических пакетов можно вместо статичных изображений применять динамические. Также предстоит работа по разработке тестов и тренажеров для контроля знаний студентов. Эти усовершенствования предстоит выполнить на втором этапе работы над дистанционным курсом.

В настоящий момент итоговой контрольной точкой изучения дисциплины является экзамен при явочном характере общения студента и преподавателя. В будущем зачетная форма итогового контроля может быть выполнена также в дистанционном режиме.

РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ ШАРОВЫХ КРАНОВ

А.В. Стрелец

Шаровые запорные и регулирующие краны являются изделиями трубопроводной арматуры; служат для перекрытия и регулирования потока газовой и жидкостной среды в трубопроводах; широко применяются в газовой, нефтяной, химической, целлюлозно-бумажной, пищевой и других отраслях промышленности.

На современном этапе развития отечественного машиностроения можно выделить следующие особенности проектирования шаровых кранов.

1 Увеличение давления и температуры перекачиваемой среды соответственно до $P=40\div 50$ МПа и $t=500^{\circ}\text{C}$. Такие условия эксплуатации кранов представляют определенную опасность для человека и требуют точных, обоснованных ответов относительно безопасности оборудования.

2 Использование коррозионно-стойких и антитоксичных сталей, дешевых пластмасс, обладающих однако низкими прочностными свойствами.

3 Ориентация на единичное и мелкосерийное производство кранов при одновременном расширении спектра их технических параметров.

4 Оперативный автоматизированный прочностной анализ конструкции при ее доработке для конкретных условий и требований заказчика.

Указанные особенности обусловили актуальность разработки расчетных моделей деталей шаровых кранов. Расчетные модели – это небольшие компьютерные программы или исходные файлы для существующих САЕ-систем автоматизированного проектирования, позволяющие выполнить конструкторский анализ узлов крана с целью выбора рационального инженерного решения, учитывающего также и технологические новации в производстве деталей кранов.

Предлагаемые расчетные модели ориентированы на решение следующих проектных задач.

1 Расчет корпусных осесимметричных деталей крана на прочность по методу конечных элементов с учетом эффекта концентрации напряжений.

2 Расчет работоспособности резьбовых, шпоночных, шлицевых, штифтовых и сварных соединений деталей крана.

3 Расчет цилиндрических и тарельчатых пружин для затвора крана.

4 Расчет прочности металлических, керамических и пластмассовых уплотнений затвора с учетом основных механических характеристик таких материалов.

Результаты использования разработанных расчетных моделей и уже известных типовых расчетных схем в процессе проектирования конкретных конструкций шаровых кранов показали целесообразность, эффективность и перспективность проделанной работы.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТОРЦОВОГО ЗАТВОРНОГО УПЛОТНЕНИЯ

Э.Г. Кузнецов, В.Г. Неня., А.Е. Чернов

Надёжная и эффективная герметизация роторов центробежных насосов, перекачивающих взрывоопасные, токсичные, легкокипящие жидкости, обеспечивается только за счёт применения двойных торцовых уплотнений (тандемных или затворных). Такие уплотнения позволяют полностью предотвратить утечку уплотняемого продукта в окружающую среду за счёт подачи в камеру между уплотнениями затворной среды, нейтральной по отношению к перекачиваемому продукту и к окружающей среде. В последние годы наблюдается устойчивая тенденция в использовании в роторных машинах двойных торцовых уплотнений, работающих на газовой смазке. Это обусловлено существенным (в несколько раз) увеличением ресурса и надёжности уплотнений вала, снижением затрат на эксплуатацию и обслуживание машины.

На первом этапе проектирование подобных торцовых газовых затворных уплотнений формируется математическая модель, описывающая течение газа в каналах уплотнения. Полученные в результате составления математической модели дифференциальные уравнения, как правило, замкнутого аналитического решения не имеют и их приходится решать численно, вводя в модель ряд упрощающих задачу допущений. Численное решение в дальнейшем используется в последующих этапах проектирования.

В работе представлен способ математического моделирования работы торцового газового затворного уплотнения, основанный на условном разделении узла уплотнения как технической системы на отдельные элементы: торцовые, цилиндрические, радиальные и т.п. каналы. Для каждого из каналов формируются уравнения, определяющие связывающие параметры текущей в нём среды во входном и выходном сечениях. Элементы объединяются в общую математическую модель применением сетевых законов Киргофа. Такое структурирование задачи и методика ее реализации позволяет отойти от необходимости вывода и решения громоздких общих уравнений и обойтись записью простейших, известных из курса технической гидромеханики зависимостей для каждой из структурных единиц узла уплотнения. Путём последовательного применения такого подхода ко всем составляющим уплотнения получена целостная модель, позволяющая не только определить основные характеристики проектируемого уплотнения, но и провести исследование влияния на работу узла геометрических параметров деталей, гидравлических характеристик вспомогательных трактов и условий эксплуатации. Результаты моделирования оформляются в виде сравнительных таблиц, графиков изменения параметров и пакета видеороликов, отображающих работу уплотнения в динамике. Модель разработана с помощью объектно-ориентированной программной среды моделирования Model Vision Studium.

ПРИМЕНЕНИЕ И РАСЧЕТЫ ИМПУЛЬСНЫХ ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

О.В. Корогодина, А.Е. Чернов

Энергетические машины - наиболее распространенный тип машин в современной индустрии техники. Потребности различных отраслей промышленности в машинах на более высокие параметры непрерывно возрастают.

Одними из самых энергонагруженных машин являются турбонасосные агрегаты жидкостных ракетных двигателей. Жесткие ограничения на их массовые и габаритные показатели привели к тому, что из всех видов энергетических машин турбонасосы имеют самую большую отдачу мощности с 1 кг массы. Одними из показателей технического уровня энергетических машин являются:

- количество потребляемой энергии энергоемкость;
- уровень вредного воздействия на окружающую среду.

Надежность, долговечность, эксплуатационные и экономические показатели энергетических машин во многом зависят от работоспособности уплотнений ротора, устройств, ограничивающих протечки перекачиваемой среды между ротором и элементами корпуса. Надежная и эффективная герметизация роторов высокооборотных энергетических машин является одной из проблем машиностроения. Важным требованием, предъявляемым к уплотнениям, является обеспечение минимально возможных утечек уплотняемой среды. Конструкции уплотнений должны обеспечивать эффективное охлаждение трущихся поверхностей, не содержать элементов, склонных к засорению или эрозионному износу, быть работоспособными в агрессивных средах. Проведенный анализ современных уплотнений позволил сделать вывод о том, что всем этим условиям удовлетворяют импульсные торцовые уплотнения. Они обладают такими качествами: величина зазора зависит от давления и скорости вращения, герметичны на стоянке, просты в изготовлении, обладают малой чувствительностью к загрязненности рабочей среды, большой осевой и угловой жесткостью, эффективное охлаждение уплотнительных поясков за счет протока жидкости через питатели, допускают реверс в направлении вращения.

Каждый создаваемый технический объект должен удовлетворять определенным критериям оптимальности и техническим ограничениям. Для проведения параметрической оптимизации разработана математическая модель такого уплотнения. Она основана на обобщенной инженерной методике расчета и проектирования. Математическая модель допускает и локальное использование. Для этого была создана система автоматизированного расчета импульсных торцовых уплотнений «pulse 0.99». Заключительным этапом создания любого изделия является испытание опытного образца. Проведение оптимизации на стадии проектирования позволяет избежать отбора изделия удовлетворяющего требованиям технического задания на уровне готовых образцов.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ

В.Г. Неня, Д.В. Пузик

Условия конкурентной борьбы требуют от производственных предприятий постоянного обновления выпускаемой продукции, повышения ее качества, максимального удовлетворения пожеланий заказчика. Это приводит к необходимости всемерного сокращения сроков и стоимости инженерной подготовки производства, качественного совершенствования разрабатываемых проектов. Улучшения качества проектов может достигаться применением математических методов оптимизации параметров и процессов.

Оптимизация проекта является главной целью, по существу, каждого инженера, который стремится создать отдельный элемент, устройство или систему для удовлетворения определенным потребностям. Однако осуществление этой цели обычно затруднено, поскольку в распоряжении конструкторов находится небольшое число стандартизированных методов, способных помочь им в оптимизации.

Мысль о наилучшем возникает весьма естественно при попытке технического проектирования. В отраслях промышленности, ориентированных на доходы, целью проектирования является максимизация некоторой функции прибыли при ограничениях на ресурсы, качество и условия работы людей. Если скоро выбрана некоторая функция или мера оценки и определены ограничения, то проектировщику системы желательно иметь метод, при помощи которого он может найти оптимальные проекты. Здесь следует особо указать на то, что в настоящее время не существует методики автоматической оптимизации, которая могла бы давать решение любой поступившей задачи. Однако существует возможность регулярного подхода к оптимальному проекту, который может помочь инженеру в осуществлении его идей и вести его в направлении, которое, будучи продолженным неопределенно долго, приведет к математическому оптимуму.

В современных условиях именно оптимизация становится основой принятия проектных решений при создании каждого технического объекта. Особенно это касается создания разработок в системах автоматизированного проектирования. В связи с данной потребностью была разработана программная система Optimization представляющая собой высокоэффективный инструмент для решения множества оптимизационных проблем, возникающих в реальных ситуациях. Программа Optimization - предназначена для решения задач оптимизации целевых функций. Под оптимизацией как обычно понимается нахождение глобального максимума или минимума функции, который удовлетворяет заданным ограничениям входных параметров функции. В программе Optimization реализован комплексный метод оптимизации, предназначенный для решения задач однокритериальной, безусловной и ус-

ловной нелинейной оптимизации средней размерности, поэтому он применим к широкому кругу задач с ограничениями. По существу этот метод является модификацией симплексного метода базирующегося на технологии построения поверхностного регулярного симплекса в n -мерном пространстве. Идея метода состоит в сравнении значений функции в $(n+1)$ вершинах симплекса и перемещении симплекса в направлении оптимальной точки с помощью итерационной процедуры. На каждой итерации осуществляется построение первоначального симплекса для целевой функции и ограничиваемых параметров с последующим его перемещением при выполнении трех основных операций - отражения, растяжения и сжатия. Таким образом в ходе работы данного алгоритма происходит процесс накопления информации о поведении исследуемой системы в некоторой окрестности экстремума, что приводит к постоянному уточнению положения точек симплекса, путем проверки сходимости, которая осуществляется сравнением стандартного отклонения $(n+1)$ -го значения функции, с некоторым заданным очень малым значением критерия точности.

Отличительные особенности программной системы Optimization:

1. Высокая эффективность при решении практических задач оптимизации со сложными топологиями целевой функции и ограничений. В отличие от градиентных методов, здесь используется технология построения поверхности отклика, не требующая информации о значениях градиентов. Поэтому программа Optimization обеспечивает поиск экстремума при решении задач оптимизации с целевыми функциями различных типов: гладкие, недифференцируемые, многоэкстремальные, при наличии областей невычислимости, со смешанным типом переменных (дискретные и непрерывные).

2. Простота использования достигается использованием минимального количества настроек для формирования и запуска задачи оптимизации. От пользователя не требуется специальных знаний и навыков в области оптимизации, программирования и работы компьютера. Средство анализа вводимых пользователем данных запускается из среды Optimization как внутренний модуль, что исключает возможность конфликтов при размещении и передаче данных в оперативной памяти компьютера.

3. Интегрируемость с другими приложениями. Программа Optimization с одной стороны - может использовать условно простые целевые функции, применять сторонние специфические приложения для расчета значений целевой функции и сложных ограничений, а с другой стороны может быть использована более глобальными программными системами, для нахождения оптимальных значений требуемых параметров. Все это возможно в автоматическом режиме, без вмешательства пользователя, благодаря применению новых методов передачи данных в специальных форматах.

Пробная эксплуатация разработанного программного средства показала его эффективность, удобство использования. Он может использоваться в курсовом и дипломном проектировании, поскольку не требует от пользователя специальной подготовки и применения языков программирования.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТАВНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ БИБЛИОТЕКИ OPENGL.

В.Г. Неня, И.С. Соседов

Перед непосредственным проведением конструкторской разработки насосов и компрессоров необходимо провести этап функционального проектирования. Эта процедура выполняется с помощью специальных программ гидродинамического расчёта, для использования которых необходимо иметь расчетную сетку. Особенность расчетных сеток состоит в том, что плотность распределения узлов должна быть неравномерной, для повышения точности моделирования требуются также подвижные сетки. Это обуславливает создание собственного графического редактора.

Основой для построения расчетной сетки выступают опорные точки, которые получаются из проектных расчетов основных размеров проточной части. Цель заключается в создании составной поверхности, опирающейся на эти опорные точки. Это производится разработанной программой в интерактивном режиме. Пользователь имеет возможность сам выбрать составные элементы (примитивы), из которых будет состоять поверхность, а также задавать размеры этих элементов, положение и ориентацию в пространстве. Все эти операции можно делать и по отдельности. После создания элементов есть возможность выполнения операций вращения и переноса, которые необходимы для помещения элемента в требуемое положение.

Равномерное разбиение сводится к тому, что пользователь указывает количество единиц разбиения по направлениям. Для неравномерного разбиения пользователю достаточно указать место сгущения сетки. Имеется возможность в программе реализовывать различные алгоритмы разбиения.

Построение поверхностей производится с помощью графической библиотеки OpenGL, представляющей базовые графические операции и интерфейс программирования трехмерной графики. Единицей информации является вершина, из них состоят более сложные объекты. Программист создает вершины, указывает как их соединять (линиями или многоугольниками), устанавливает координаты и параметры камеры и лампы, а библиотека OpenGL «берет на себя» работу создания изображения на экране. OpenGL идеально подходит для создания трехмерных сцен не требуя реализации алгоритмов трехмерной графики. Пользователь имеет возможность задействовать функции конкретной операционной системы, под которую он разрабатывает свою программу, или воспользуйтесь надстройками над OpenGL, такими как библиотеки GLUT или GLAUX.

Пользователь может редактировать отдельно взятый примитив, а также изменять его положение. Изменение угла зрения а также масштабирование являются также очень удобными инструментами для поддержки визуальной оценки качества построенной поверхности и расчетной сетки на ней.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

В.Г.Неня, В.А.Кругляк

Функциональное проектирование является первым этапом создания проектируемого объекта. От качества принятого на этом этапе проектного решения во многом зависит успех проектирования. Это в полной мере относится и к проектированию центробежных насосов. Единственным формальным методом получения наилучшего в некотором смысле решения является метод оптимизации.

Задача оптимизации может быть решена, если известен критерий оптимальности. Основными критериями оптимальности, которые могут быть положены в выработку глобального (общего) критерия оптимальности конструктивной схемы многоступенчатого центробежного насоса на заданные параметры, являются: экономичность (КПД); материалоемкость (вес насоса и-или агрегата); надежность (долговечность, срок эксплуатации до капитального ремонта) и ряд других. В зависимости от назначения насоса те или иные критерии являются определяющими. В свою очередь они сами зависят от ряда факторов. КПД - один из определяющих критериев оптимальности. Он зависит в большинстве от коэффициента быстроходности. Поэтому для получения высокого значения к.п.д. необходимо при проектировании получить оптимальное значение коэффициента быстроходности, который, в свою очередь зависит режимных параметров и частоты вращения ротора приводного двигателя. Анализ литературных источников позволяет сделать вывод об отсутствии обоснованных рекомендаций по составлению глобального критерия оптимизации и необходимости исследований в данной области.

После определения конструктивной схемы (частоты вращения ротора и количества ступеней), функциональное проектирование предусматривает определение основных геометрических размеров элементов проточной части и формы их поверхностей. После проведения гидродинамических расчетов, построения баланса энергии можно принимать проектное решение о пригодности проточной части для выполнения функциональных требований технического задания и приступать к конструкторскому этапу проектирования.

Этап функционального проектирования центробежных насосов ввиду сложности рабочего процесса и взаимосвязи гидродинамических и чисто механических явлений выполняется методом итераций. Только по мере уточнения и накопления информации можно обоснованно принимать проектное решение. Поэтому организация взаимодействия проектных предусматривает неоднократное возвращение и перерасчет параметров, в зависимости от полученных результатов и интерактивного вмешательства разработчика в процесс проектирования.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМНОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА РОТОРНЫХ МАШИН.

В.Г. Неня, С.Н. Кучеренко, М.С.Самойлик

Выполнение всех этапов функционального и конструкторского проектирования роторных машин должны предусматривать постоянную проверку динамического состояния разрабатываемой конструкции с целью обеспечения требуемых показателей надежности и долговечности. Особенность выполнения этого требования заключается в том, что на разных этапах проектирования в распоряжении разработчика имеется в наличии различный объем информации как о самом проектируемом объекте, о его составных элементах и действующих усилиях. Все это выдвигает требование разработки моделей нескольких уровней сложности. Применительно к продукции, выпускаемой предприятиями региона, следует отметить также ту особенность, что динамическое состояние машин определяет динамическое состояние ротора (насосы, компрессоры), в исследовании которого имеются значительные успехи школы проф. Марцинковского В.А.

Процесс динамического расчета ротора насоса является достаточно сложным. Эта задача уже давно решается с применением средств вычислительной техники. Для использования накопленного опыта необходимо либо проводить межпрограммную и межплатформенную интеграцию, либо по существующим методикам и алгоритмам разработать новый программный код. Выбрано второе направление с целью реализации интерактивных и графических возможностей современных программных и аппаратных средств, а также упрощенной при этом интеграции в системы автоматизированного проектирования. Для реализации процедуры определения собственных частот роторной системы в среде Borland Delphi v7 создана программа, реализующая метод начальных параметров, учитывающий участки ротора различных диаметров, промежуточные жесткие и упругие опоры, сосредоточенные массы и моменты инерции.

Для оценки динамического состояния конструкции насоса в целом предложено несколько моделей, которые реализуют модели колебательных систем материальных точек и тел простой формы на жестких и упругих опорах. Такими моделями предлагается описывать как насос в отдельности так и насосный агрегат в целом. Указанные модели реализовано по объектно-ориентированной технологии в среде визуального моделирования Model Vision Studium версии 3.0, которая свободно распространяется через сеть Интернет. Модели такого уровня позволяют качественно оценивать принятые проектные решения по компоновке насоса и двигателя на жесткой фундаментной плите с учетом упругих свойств передачи. После полной разработки конструкции следует выполнить проверку ее жесткости и динамического состояния с помощью «тяжелых» пакетов типа Nastran.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ МАШИН

С.В. Махоня, В.Г. Неня

Однією із складових підвищення якості проектувальних робіт є своєчасний відслідковування процесу проектування та контроль виконання окремих етапів, пов'язаних із виконанням проектних розрахунків, геометричного моделювання деталей та розробки конструкторської документації. Інструментальні засоби з такими функціональними можливостями необхідні для підвищення продуктивності праці як провідних конструкторів, начальників відділів, так і конструкторського підрозділу в цілому.

Проведені перед проектні дослідження процесу проектування на підприємстві ВАТ „СумиГазМаш” дозволили виконати узагальнення і на їх основі розробити програмний продукт “ProjectControl”. Розробка виконана в інструментальному середовищі програмування Borland Delphi 5.0 Release.

Основою програмного продукту вибрана база даних, створена на основі нормалізованих таблиць, створених у Database Desktop. У цій базі даних описані персональний склад конструкторського підрозділу, схема конструкції насоса (на прикладі насоса типу КМ), допоміжні дані та засоби організації різних зв'язків.

Завдяки використанню стандартних компонентів TreeView, що розташовуються на формах вікон програми, причому один із них невидимий, вдалося реалізувати можливість використання параметру StateIndex у якості унікального, що дає можливість реалізувати структуру насоса ієрархічно у вигляді дерева конструкції, а при виборі із неї задовільного елемента конструкції встановлювати зв'язок один до одного між таблицями елементів конструкції та таблицею виконавців проектно-конструкторських робіт.

Організація вибору даних із таблиць у програмі реалізована за допомогою SQL запитів на основі стандартних компонентів, що розміщені на формах.

При розробці програми достатньо уваги було приділено забезпеченню безпеки обробки та зберігання інформації, доступу до неї. При цьому реалізовано декілька рівнів доступу до інформації, система паролів, що забезпечує нормальну роботу системи.

В зображенні дерева конструкції насоса передбачена можливість як візуального відслідковування готовності виконання елементів проекту, так і переглядом дат і строків виконання робіт.

Для зручності керівництва та безпосередніх виконавців передбачено можливість роздрукування планів робіт та звітів.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

А.Е. Чернов, С.Н.Самойленко

В настоящее время оптимальный выбор конструктивных параметров подшипников скольжения представляет собой трудоемкую задачу. Работоспособность подшипников скольжения обуславливается наличием гарантированного минимального зазора между рабочими поверхностями подшипника и вала, а также соответствующим температурным режимом, при котором смазочный материал сохраняет допустимую вязкость. Эти параметры являются важнейшими показателями эксплуатационных качеств подшипников скольжения. Зазор и максимальная температура в смазочном слое зависят от свойств данного смазочного материала, геометрии вкладышей подшипников, физических характеристик трущихся поверхностей, нагрузок и частот вращения. Зависимость зазора и температуры от столь большого количества взаимосвязанных факторов значительно усложняет выбор наилучших, с точки зрения надежной и экономичной работы при заданных условиях, геометрических и конструктивных параметров подшипника. Учитывая очень жесткие требования, предъявляемые к подшипникам энергетических машин, а также тяжелые условия эксплуатации, необходимо тщательно подбирать геометрию вкладышей подшипников. Обычно отработка геометрии подшипников скольжения высокооборотных машин производится в ходе обширных экспериментальных исследований, которые выполняются на уникальном стендовом оборудовании и связаны с большими материальными затратами.

Мероприятия по оптимизации геометрии подшипников скольжения позволяют найти наилучшее, в рамках данной конструкции, сочетание геометрических параметров уже во время проектировочных расчетов, после чего экспериментальные исследования, в идеале, можно свести только к поверочным испытаниям.

Для решения задачи выбора оптимальных конструктивных соотношений геометрических параметров подшипника скольжения была выбрана следующая схема:

- математическое описание задачи;
- формирование целевой функции;
- выбор параметров оптимизации;
- постановка параметрических ограничений;
- численный поиск экстремума соответствующей целевой функции.

Заключительным этапом решения задачи оптимизации будет создание системы автоматизированного оптимального проектирования опорных гидродинамических подшипников скольжения на высокие рабочие параметры.

РОЗРОБКА ДИНАМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ БАГАТОСТУПЕНЕВИХ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ

М.С.Самойлик, В.Г.Неня

Визначення динамічного стану машин на стадії проектування завжди було завданням важливим та актуальним, оскільки забезпечення показників надійності та довговічності машин є одним із основних. Відцентрові багатоступеневі насоси є дуже поширеним класом машин. Традиційно для визначення та прогнозування їх динамічного стану моделюється динамічний стан ротора. Значні успіхи у цьому напрямку досягнуті школою проф. Марцинковського В.А. Останнім часом поширюється тенденція застосування горизонтальних насосних систем типу Redo. При цьому досконалі насосні агрегати, які використовувалися раніше для роботи у свердловинах застосовуються у наземних умовах при горизонтальному виконанні. Для таких насосів моделювання динамічного стану недостатньо виконувати у умові жорсткого корпусу. Подовжений корпус, набраний із окремих, стягнутих шпильками, секцій не забезпечує необхідної жорсткості і податливість його необхідно враховувати.

Складність конструкції як по складу елементів, так і по їх кількості та способам з'єднання, не дозволяє для моделювання використовувати складні програмні продукти. З іншого боку це і недоцільно з огляду на незавершеність розробки геометричної моделі складових на початкових стадіях проектування і необхідності постійного аналізу динамічних характеристик. Виходом із такого становища може бути використання моделювання на макрорівні, при якому використовуються узагальнені характеристики елементів.

Аналіз програмних засобів макромоделювання показав, що воно вимагає опису елементів за допомогою потокових та різницевих змінних. Для цього процеси коливань елементів описуються у термінах швидкостей та сил (кутових швидкостей та моментів сил).

Для ряду елементів, із яких складається конструкція насоса, моделі коливань представлені у виді диференційних рівнянь у часткових похідних. Для переходу до зручного опису через вузлові значення запропоновано як доцільний використовувати апроксимації за методами кінцевих елементів, при яких безперервний розподіл параметрів замінюється через вузлові значення параметрів та значення похідних у них при вибраних законах розподілення змінних.

Модель коливальної системи відцентрового насоса складається із послідовно і паралельно з'єднаних між собою моделей таких елементів: пружних ділянок вала, як це традиційно виконується, наприклад, у методі початкових параметрів, плоских кільцевих мембран та циліндричних оболонок, стержнів, що стягують усю конструкцію. Моделі елементів складають загальну модель автоматично. Моделювання виконується у реальному часі.

ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ MODEL VISION STUDIUM ДЛЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

В.Г. Неня, О.А. Беков, Д.Р. Гаврилюк, В.Г.Любич, М.А. Туренко

Останнім часом на ринку програмних продуктів з'явилися системи візуального макромодельовання. Серед них окреме місце займає програмна розробка фахівців дослідницької групи „Експериментальні об'єктні технології”, створеної при кафедрі Розподілених комп'ютерних мереж факультету технічної кібернетики Санкт-Петербурзького державного університету MVS (Model Vision Studium) – комп'ютерна віртуальна лабораторія для моделювання та дослідження складних динамічних систем. Це інтегрована графічна оболонка для створення інтерактивних візуальних моделей складних систем та проведення обчислювального експерименту з ними. Версія MVS 3.0 розповсюджується безкоштовно.

Зміст процесу моделювання зводиться до опису системи як складових за об'єктно-орієнтованою технологією: опису кожного елемента, з'єднання відповідних входів та виходів різних елементів, що дозволяє формувати математичну модель на основі мережених законів Кіргофа. При цьому інтегрована оболонка без втручання користувача формує код програми моделювання, запускає автономний модуль сформований компілятором Дельфи. З точки зору користувача сформована таким чином віртуальна лабораторна установка має такі переваги: процес моделювання можна зупиняти та продовжувати за бажанням, результати моделювання можна виводити у текстовому та графічному виглядах, записувати у файл, формувати відеоролики та захватувати окремі зображення.

Вказані особливості дозволяють використовувати даний програмний засіб для підготовки фахівців на інженерному факультеті в якості інструменту макромодельовання гібридних (безперервних та дискретних) неоднорідних технічних систем для проведення практичних та лабораторних робіт, підготовки електронних навчальних посібників з елементами анімації, заснованими на чисельній реалізації математичних моделей, для дистанційного навчання.

На кафедрі основ проектування машин накопичено певний досвід у цьому напрямку при вивченні дисципліни Математичне моделювання у САПР - Розроблено декілька діючих моделей, освоєно застосування дворовмірної та просторової графіки, різні форми подання результатів моделювання. З метою включення розробок у електронні навчальні посібники та для автономного використання моделей випробувана методика використання моделей окремо від інтегрованого середовища.

Практика використання інтегрованого середовища MVS для розробки віртуальних дослідницьких установок показала її ефективність за рахунок залучення візуальних засобів та підвищення зацікавленості студентів під час проведення занять.

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗУБЧАСТОГО ЦИЛІНДРИЧНОГО РЕДУКТОРА

С.А.Щеглов

На сучасному етапі розвитку машинобудування України важливе місце займає боротьба за якість та конкурентоспроможність продукції. Серед найважливіших показників виділяється строк та вартість конструкторсько-технологічної підготовки виробництва машини чи агрегату. Можливості сучасних ЕОМ дозволяють значно скоротити термін проектування та інші затрати. За допомогою існуючого програмного забезпечення (CAD, CAM та CAE технологій) життєвий цикл виробу значно скорочується за рахунок КТПВ.

Але для використання вищевказаних технологій необхідно адаптувати їх до конкретного прикладу машинобудівної продукції, наприклад, до проектування зубчастого редуктору. В першу чергу треба розробити або вибрати з існуючих математичну та структурно-параметричну модель виробу. Використовуючи структурно-параметричну модель, розробляється математична модель для подальших проектуючих та перевірочних розрахунків як складових частин, так і агрегату в цілому. О математичних моделях редукторів існує багато авторських розробок, але єдиної моделі, яка охопила б різноманітні машинні агрегати, досі не існує.

Загальна структурно-параметрична модель машинного агрегату представлена у атласі П.М.Учаєва „Приводы машин”. Дана стаття пропонує адаптацію цієї моделі до зубчастого циліндричного редуктору.

Кожен машинний агрегат складається з вузлів, агрегатів, деталей та стандартних виробів. До складу вищевказаного редуктору входять корпусні деталі, зубчасті передачі, вали, опори, кріплярні деталі та ін. Кожна з цих складових має свої параметри, більшість яких взаємозалежні. Тобто якщо зубчасті колеса прямозубі, косозубі або шевронні, в залежності від цього змінюються габарити та конструкція корпусу, валів та їх опор, кількість та типорозмір кріплярних виробів і т.д.

На представленій схемі можна побачити, яким чином змінюються параметри складових частин залежно від структури агрегату. При цьому простежується залежність показників одне від одного.

Представлена структурно-параметрична модель зубчастого циліндричного редуктору має бути дуже корисною для використання при проектуванні редукторів, при розробці нового або адаптуванні існуючого програмного забезпечення для використання його у конструкторсько-технологічній підготовці виробництва вищевказаного машинного агрегату.

Крім того, на цьому прикладі помітно, яким чином можливо адаптувати універсальну структурно-параметричну модель до кожного конкретного виробу машинобудування і не тільки його.

ПРИКЛАДНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СВАРКИ ЧУГУНА

А.И. Любич, И.В. Примакова

Из всех применяемых в машиностроении материалов чугун является самым широко распространенным. Основными элементами и постоянными примесями являются: углерод, кремний, марганец, сера и фосфор. В зависимости от требуемых свойств чугуна его легируют или модифицируют: хромом, ванадием, вольфрамом, никелем, кобальтом, алюминием, кальцием, магнием, РЗМ и другими элементами. Структура металлической основы чугуна может быть: ферритной, перлитной, феррито-перлитной, мартенситной, троститной или бейнитной. Чугуны подразделяются на серый, высокопрочный, ковкий, половинчатый, белый и чугуны специального назначения. Наиболее широкое распространение в машиностроении получил серый чугун.

При изготовлении деталей из чугуна у них обнаруживаются дефекты различного происхождения. Основным методом при устранении дефектов литья является электродуговой метод. Однако этот метод не всегда является эффективным так как не обладает высокой стабильностью дугового процесса и, вследствие чего, невозможно производить исправление дефектов литья на тонкостенных отливках. Кроме того из-за больших скоростей охлаждения изделия при нанесении покрытия электродуговым методом образуются нестабильные структуры. Для решения этой задачи необходимо определить влияние входящих в состав чугуна основных элементов: углерода, кремния, марганца на структурообразование, а также влияние скоростей охлаждения на структуру нанесенного покрытия.

В результате проведенного литературного и патентного обзора установлено, что углерод способствует графитизации чугуна и увеличение его содержания вызывает снижение температуры плавления и происходит ферритизация металлической матрицы, а также увеличивается количество и размер структурно свободного графита. Особенно сильно способствует графитизации кремний при содержании его в чугуне до 4,0%. С дальнейшим увеличением концентрации кремния степень графитизации увеличивается очень медленно. При больших переохлаждениях кремний тормозит ферритообразование. введение марганца в состав чугуна в пределах от 0,6 до 20% препятствует образованию мартенсита и нейтрализует действие серы.

Таким образом, чтобы получить наплавленный металл с идентичным составом и структурой серому чугуну, необходимо чтобы в его составе вошло углерода 2,5-3,8%; кремния 2,5-3,5% и марганца 0,6-2,0%, а для стабилизации дугового процесса ввести в состав сварочного материала кальций.

РАЗРАБОТКА СОСТАВА НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ИДЕНТИЧНОГО СЕРОМУ ЧУГУНУ

А.И. Любич, А.А. Голинко

Известно, что чугун относится к трудносвариваемым материалам. Поэтому для сварки серого чугуна разработано множество сварочных материалов и технологий. Для образования в наплавленном металле серого чугуна в промышленности используются различные порошковые проволоки. Однако существующие проволоки не обеспечивают высокой стабильности дугового процесса, что не позволяет выполнять сварку тонкостенных деталей. Поэтому было принято решение о разработке порошковой проволоки, которая бы обеспечила высокую стабильность дугового процесса.

Согласно ГОСТ 1412-85 твердость наплавленного металла должна находиться в пределах 170-240 НВ. Химический состав должен быть (мас. %): 3,2-3,5 С, 1,4-2,4 Si, 0,7-1,0 Mn, 0,15 S и 0,2 P. Сумма содержания углерода и кремния должна быть ~5,9%.

Количество структурно свободного графита определяем по формуле

$$\text{А.Ф.Ланды} \quad C_{\text{гр}} = \frac{75 \cdot C_{\text{св}} + 40}{\sigma_{\text{в}}} - 1 = 2,8,$$

где 75, 40 и 1 - постоянные коэффициенты;

$C_{\text{св}}$ - количество связанного углерода равно 0,6%;

$\sigma_{\text{в}}$ - временное сопротивление при растяжении равно 225 МПа.

Общее количество углерода будет равно 3,4%, а кремния 2,5% согласно диаграммы Грейнера-Клингентейна.

На основании полученных данных разработана порошковая проволока с введением в ее состав кальция и титана. Расчет порошковой проволоки выполняли по методике разработанной Уральским политехническим институтом. Расчет показал, что в состав проволоки необходимо ввести (мас. %): 8,6 графита, 8,7 силикокальция, 1,4 ферротитана, 1,3 - ферромарганца и 6,0 железного порошка.

Пластины из чугуна перед сваркой предварительно нагревали до $T = 873$ К. После выполнения сварочных работ пластины нагревали до $T = 873$ К. С выдержкой при этой температуре ~30 мин. Дальнейшее охлаждение пластин выполняли с печью.

В результате проведенных исследований было установлено, что наплавленный металл в своем составе имеет (мас. %): 3,5-3,56 С, 2,91-3,22 S, 0,82-0,91 Mn и 0,7-0,21 Ti. Твердость наплавленного металла составила 180-220 НВ, а временное сопротивление на разрыв 240-250 МПа. Стабильность дугового процесса высокая, что позволяет выполнять сварочные работы на тонкостенных деталях из чугуна. Структура наплавленного металла соответствует структуре доэвтектического чугуна.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ КАЛЬЦИЯ В КАЧЕСТВЕ СФЕРОИДИЗАТОРА ГРАФИТА В НАПЛАВЛЕННОМ МЕТАЛЛЕ

А.И. Любич, А.С. Мороз

Литературным обзором установлено, что в литейном производстве для получения чугуна с шаровидной формой графита используют магний, иттрий, лантан, церий и др. элементы сфероидизаторы. Кальций, несмотря на то что он является хорошим рафинизатором и относится к глобуляризаторам графита, не получил применения в литейном производстве для изготовления отливок из высокопрочного чугуна. Так как кальций имеет более высокую температуру плавления чем магний, то он является более предпочтительным для использования его в качестве сфероидизатора графита в наплавленном металле. Кроме того кальций улучшает стабильность дугового процесса, является хорошим измельчителем зерна и обладает графитизирующим эффектом.

Для определения влияния кальция на структурообразование в наплавленном металле нами были разработаны порошковые проволоки для наплавки высокопрочного чугуна с включением в их состав окисла кальция, силикокальция, мрамора и плавикового шпата на основе проведенного теоретического обоснования перехода и усвоения в наплавленном металле глобуляризирующих элементов установлено, что одним из наиболее широко доступных элементов, способствующих сфероидизации графита в условиях наплавки является кальций. Выполненные экспериментально-исследовательские работы по влиянию кальция на сфероидизацию графита в наплавленном металле подтвердили целесообразность его ввода в сварочные материалы в составе кальцийсодержащих ингредиентов. Разработанные составы порошковых проволок, содержащие в своем составе кальцийсодержащие ингредиенты и обеспечивающие образование в наплавленном металле ферритной, феррито-перлитной и перлитной структуры с включениями в нее шаровидной формы графита успешно прошли лабораторные и промышленные испытания.

Таким образом на основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований установлено, что одним из широко доступных элементов, способствующих сфероидизации графита в условиях нанесения покрытий на дефектные места в отливках из высокопрочного чугуна, является кальций.

ГАФНИРОВАНИЕ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН

В.И. Сигова, Н.А. Курило

Современные методы изготовления зубчатых колес достаточно многообразны. Выбор какого-либо способа формообразования зубьев зависит от комплекса экономических, эксплуатационных, технологических требований, предъявляемым к конструкции зубчатых колес.

Зубофрезерование является одним из основных методов нарезания зубьев цилиндрических колес. Обработка червячными фрезами (метод обката) характеризуется высокой производительностью, точностью и универсальностью. Скорость резания червячных фрез, оснащенных твердосплавными пластинками, в 3-4 раза выше, чем скорость резания фрез из быстрорежущей стали.

Режущая часть червячной фрезы должна обладать следующими свойствами: а) высокой твердостью, превосходящей твердость обрабатываемого материала; б) высокой прочностью; в) высокой теплостойкостью; г) высокой износостойкостью; д) высокой теплопроводностью, способствующей отводу тепла из зоны резания; е) относительно высокой вязкостью, позволяющей использовать фрезу при обработке с ударами и вибрациями; ж) недефицитностью и экономичностью.

Целые фрезы выполняют из быстрорежущей стали (P8, P9). Сборные - корпус из легированной стали, режущая часть (пластина) - твердый сплав (керамика). Повышение износостойкости, снижение коэффициента трения достигается различными способами химико-термической обработки (сульфидированием, сульфоцианированием, нитроцементацией, хромированием, борированием и др.). Нанесение износостойких покрытий может быть осуществлено различными способами. Для обработки металлов резанием применяют сплавы четырех основных групп: вольфрамокобальтовые (BK3, BK8, 87,5HRA, $\sigma_{\text{пр}} = 1666$ МПа), титановольфрамокобальтовые (Т15КВ, Т30КЧ, 90,0-92,0 HRA, $\sigma_{\text{пр}} = 1176-980$ МПа); титанотанталовольфрамокобальтовые (ТТ10К8, ТТ20К9, 89-91 HRA, $\sigma_{\text{пр}} = 1617-1470$ МПа); буювольфрамовые (ТН20, ТН50, 90-86,5 HRA, $\sigma_{\text{пр}} = 1050-1400$ МПа)

Нами были проведены эксперименты и исследования по гафнированию твердосплавных режущих пластин. Режимы: температура 110-1200°C; время нагрева 7-10 ч, состав порошка 40% Hf, 57% Al₂O₃, 3% NH₄Cl. Получена толщина поверхностного слоя 0,5-3 мкм, H_ц = 26900-29700 МПа. Повышение износостойкости происходит за счет образования ряда карбидов: TiC, Ti₂C, WC, W₂C, HfC, (HfTiW)C.

В результате насыщения твердосплавных режущих пластин гафнем имеем повышение износостойкости в 2,5-3,5 раза, что позволяет увеличить скорость резания.

РАЗРАБОТКА ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВАЛОВ

В.И. Сигова, В.С. Шевченко

Известно, что коленчатый вал любой машины, а в частности рабочие его поверхности должны обладать вследствие трудных и сложных условий эксплуатации, высокой твердостью, износостойкостью, а иногда и достаточным сопротивлением кавитационному износу, жаростойкостью, а также коррозионной стойкостью в различных агрессивных средах.

Такого рода свойств можно добиваться внедрением в технологический процесс упрочнения прогрессивных технологий. А именно, кроме закалки с нагревом шеек токами высокой частоты (ТВЧ), включить в параллель с этим поверхностное диффузионное насыщение коренных и шатунных шеек коленчатого вала новыми технологиями.

В процессе подготовки дипломного проекта нами были проведены некоторые эксперименты и исследования по использованию упрочнения вала. Такой наиболее приемлемой прогрессивной технологией является процесс хромосилицирования - одновременного насыщения поверхностей шеек вала двумя химическими элементами - хромом (Cr) и кремнием (Si).

Хромосилицирование повышает все выше перечисленные свойства, которыми должна обладать деталь. Этот процесс может проводиться в порошках, жидкостное газовым методом, в пастах с нагревом в печи т токами высокой частоты, жидкостное хромосилицирование, может быть электролизное и безэлектролизное, новым процессом является хромосилицирование.

При проведении хромосилицирование в порошках проводили при температуре $1000-1100^{\circ}\text{C}$ в герметизируемых контейнерах в течение 4-10 часов. Структура, фазовый и химический состав слоев определяются составом насыщающей среды, температурой и временем выдержки. Получили толщину диффузионного слоя 0,25-0,3 мм.

Хромосилицирование в пастах (обмазках) применяли для местного упрочнения с нагревом ТВЧ поверхностей шеек коленчатого вала. Создание герметизации и нагрев шеек ТВЧ позволяет в 5-7 раз сократить время процесса хромосилицирования по сравнению с хромосилицированием в порошках. Структура и фазовый состав слоя практически одинаковый, что при насыщении из порошков, что при насыщении из пасты.

Хромосилицирование из пасты (обмазок) с нагревом шеек вала ТВЧ значительно экономически целесообразней с точки зрения продолжительности процесса и использования материалов.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ СТАЛІ 9ХС ПІСЛЯ ТЕРМОЦИКЛІЧНОЇ ОБРОБКИ

В. О. Пчелінцев, Р. І. Мартиненко

Ефективне використання методів обробки металів тиском забезпечується використанням штампового інструменту підвищеної стійкості. Задача підвищення технологічності штампових сталей і стійкості готових виробів штампового оснащення досить актуальна.

Термоциклічна обробка штампових сталей допомагає вирішити задачу підвищення технологічності цих сталей і збільшення стійкості готових виробів штампового оснащення.

Першим і, вірогідно, основним ефектом будь-якого режиму ТЦО сталей є здрібнення їх мікроструктури. Цей процес здрібнення обумовлено кількома факторами: впливом прискорення нагрівів та охолоджень на структуроутворення, відсутністю або малою тривалістю витримок при максимальній температурі нагрівів, особливістю кінетики багаторазових структурних (і фазових) перетворень, тощо.

Метод ТЦО як спосіб термообробки ґрунтується на постійному накопиченні від циклу до циклу позитивних змін у структурі металів. При цьому важливою особливістю циклу є його інтенсивність, відсутність або наявність витримок при граничних температурах, а також оптимальний діапазон змін температури.

Термоциклічна обробка базується на багаторазовому проходженні перетворень. Так, якщо при звичайних видах термічної обробки, що включають ізотермічні витримки, структура характеризується початковим і кінцевим станом, то при ТЦО структура перед кожним новим циклом різна, що впливає на умови проходження наступних фазових перетворень, їх механізм та кінетику. При цьому завдяки накопиченню структурних перетворень матеріал може отримувати структуру, що недосяжна при звичайних видах термічної обробки.

Кінцева ТЦО дає змогу отримати мілко зернистий мартенсит. Після відпуску утворюється також мілко зерниста структура, що володіє великим запасом пластичності та ударної в'язкості. Підвищення ударної в'язкості спричиняє покращення також важливої для сталі властивості – розгаростійкості (в 1,5 разу в порівнянні з результатами після звичайного гартування і відпуску. Однією з причин підвищення розгаростійкості після ТЦО є підвищення теплопровідності, що сприяє більш інтенсивному відводу тепла з поверхні штампів.

Викривлення форми нежорстких деталей при звичайній термічній обробці значне, що вимагає виправлення виробів, що погіршує властивості і породжує нестабільність форми в процесі експлуатації. Крім того, повідці при термічній обробці характеризуються високою нестабільністю, що робить

процес термічної обробки неконтрольованим. Лише технологія ТЦО дозволяє усунути відзначені недоліки.

Термоциклічна обробка проведена на зразках сталі 9ХС і полягає у п'ятикратному нагріві до 810-820°C і охолодженні до 680-700°C на повітрі (підстужування здійснюється відкриванням заслінки печі до зниження температури до відповідного значення), в останньому циклі робиться гартування в маслі.

Для порівняння також було проведено термоциклічну обробку сталі 9ХС з трьома циклами у тому ж інтервалі температур із гартуванням у маслі після останнього циклу.

Було оцінено стійкість сталі 9ХС після гартування і ТЦО з 3 і 5 циклами з охолодженням у маслі після останнього циклу. За кожним режимом обробили по три свердла діаметром 6 мм. Стійкість визначалась кількістю наскрізних свердлінь у пластині товщиною 25 мм із нержавіючої сталі марки Х18Н10Т.

Аналізуючи дані таблиці можна зробити висновок, що стійкість свердел оброблених за режимом ТЦО (5 циклів) + низький відпуск приблизно у 1,5 рази більше ніж зміцнюваних традиційним методом (гартування + низький відпуск). Таким чином, термоциклічна обробка дозволяє підвищити стійкість інструменту, підвищує розгаростійкість, забезпечує стабільність розмірів та форми деталей як у процесі їх виготовлення, так і в експлуатації, і забезпечує дрібнозернисту структуру, що робить ТЦО досить перспективним методом термічної обробки штампових сталей.

ОСОБЕННОСТИ СВАРКИ ЦИРКОНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

В.А.Пчелинцев, О.В.Трояновская

Высокая коррозионная стойкость циркония в щелочах и других средах определяют его как перспективный материал для химического машиностроения. Однако широкое применение циркония и его сплавов в машиностроении сдерживаются не только его высокой стоимостью, но и технологическими трудностями, которые также в значительной мере влияют на высокую стоимость готовой продукции.

Одной из основных технологических операций при изготовлении оборудования является сварка. Важными факторами при сварке циркония и его сплавов являются:

1. Высокая химическая активность металла при повышенных температурах по отношению к газам (кислороду).
2. Опасность охрупчивания из-за сравнительно небольших количеств примесей - особенно азота, кислорода, углерода, водорода.
3. Высокая зависимость служебных характеристик от способа режимов сварки.

Поэтому обязательным условием для получения качественных соединений при сварке циркония и его сплавов является:

1. Надежная защита от газов атмосферы не только сварочной ванны, но и остывающих участков металла шва и околошовной зоны до температуры 300-350⁰С.

2. Необходимость тщательной подготовки под сварку кромок свариваемых деталей и присадочного материала (обязательное удаление окисной пленки, обезжиривание и обезвоживание поверхностей).

3. Применение для защиты расплава сварочной ванны и нагретых участков шва от воздействия атмосферы инертных газов высокой частоты (аргона, гелия или их смесей), а также высокого вакуума ($p \approx 1 \cdot 10^{-4}$ мм рт.ст.).

4. Сварка на повышенных токах и скоростях с обеспечением принудительного теплоотвода остывающего сварного шва.

Рекомендуемым при изготовлении оборудования из циркония и его сплавов являются следующие способы сварки:

1. Электронно-лучевая сварка.

2. Лазерная сварка.

3. Сварка в камерах с контролируемой атмосферой инертных газов.

4. Сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в среде инертных газов.

5. Контактная сварка.

При сварке неплавящимся вольфрамовым электродом защиту сварочной ванны и нагретых участков шва обеспечивают подачей инертного газа в специальные сопла сварочных горелок и газозащитные насадки или ползуны.

О качестве защиты металла сварного соединения от воздействия атмосферы можно судить по наличию металла побежалости на поверхности металла. Качественно выполненное сварное соединение имеет серебристый цвет, появление же на поверхности цветов побежалости в виде: золотистого, коричневого, темно-синего, голубого, зеленого - свидетельствует о нарушении газовой защиты в процессе сварки и внедрение в металл примесей, ухудшающих служебные свойства сварного соединения.

АНАЛИЗ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ПАРОНАГРЕВАТЕЛЯ

В.А. Пчелинцев, О.П. Гапонова

Трубы являются одними из основных частей котла паронагревателя, которые испытывают циклическое воздействие высокой температуры. Целью работы является исследование причин разрушения труб при эксплуатации.

При дослідженні були використані методи аналізу механічних властивостей, мікро- і макроаналіза для оцінки структури матеріала.

Для аналізу було надано три зразки (довжиною по ≈ 300 мм) робочої труби і один зразок труби від секції, яка не була в експлуатації. Умовно його прийняли як вихідний.

В результаті проведеного дослідження встановлено, що матеріал вихідної труби містить 0,21% вуглецю, а в робочій - 0,16%. Структура вихідного матеріала мелкозерниста (10 балів по ГОСТ 5639-82) феррито-перлітна з рівномірним розподілом перліта. Твердість поверхні HRB 82-84, мікротвердість по товщині H_{μ} 185 крс/мм².

Внутрішній діаметр труби 3,5 мм. Механічні властивості матеріала зразків $\sigma_{\text{в}} = 470$ МПа, $\sigma_{0,2} = 210$ МПа, $\delta = 23\%$.

Для матеріала робочої труби характерним є різниця структури і властивостей по висоті по сеченню. Механічні властивості матеріала в різних зонах складають: $\sigma_{0,2} = 175-200$ МПа, $\sigma_{\text{в}} = 280-380$ МПа, $\delta = 25-34\%$.

Зовнішній діаметр труби (без продуктів руйнування) змінюється від 42,6 мм до 46,1 мм.

З аналізу мікроструктури матеріала і його властивостей в різних зонах можна зробити висновок, що в процесі експлуатації відбувається обезуглеороживання сталі і нерівномірне руйнування по товщині від газової корозії. Структура такого матеріала відповідає сталі 08. Критерієм оцінки властивостей при неруйнівній контролі може служити наявність і форма перліта в структурі матеріала труби.

ІСТОРИЧНИЙ РОЗВИТОК ЯВИЩА СПАДКОВОСТІ В МЕТАЛАХ

О.С.Ніконоров

Під спадковістю металів і сплавів розуміють збереження в них певних особливостей будови, структури або властивостей вихідного матеріалу після дії різних технологічних впливів, які зумовлюють відповідні фазові або структурні перетворення.

Історичний аналіз даних літератури за останні сімдесят років дозволяє прослідити появу і трансформацію поняття „спадковість” в металознавстві. Однак слід відзначити, що термін „спадковість” використовувався задовго до початку ХХ-го століття. Давно було відзначено факт впливу характеристик вихідної шихти на якість металевих виробів.

На початку 30-х років минулого століття спадковість розглядали як зв'язок між характеристиками шихти і властивостями розплаву та готових

литих виробів. В цей період в працях Рубцова Н.Н. та Кушнірського А.С. фіксується поняття спадковості чавунів. Було показано, що в виливках з чавуну можуть наслідуватися структура і властивості шихтового матеріалу.

З середини ХХ-го століття дослідження з даної проблеми ведуться у двох напрямках: 1) дослідження процесу закладення, передачі та прояву спадковості в системі „шихта > розплав > виливок” та впливу будови розплавів на структуру та властивості литих виробів; 2) вивчення явища спадковості при фазових або структурних перетвореннях.

Щодо першого напрямку то в ХХ-му столітті з'ясовуються етапи, на яких відбувається закладення та передача генетичної інформації від шихти до виливка, та умови за яких закладена структурна інформація найбільш ефективно проявляється в підвищенні властивостей та зберігається при наступних технологічних операціях (роботи Нікітіна В.І. та ін.). Так технологію отримання виливків можна поділити на п'ять етапів, на яких здійснюється формування та передача структурної інформації від шихти до виливка. Структурну інформацію на етапі I (підготовка шихти та лігатури) вводять за допомогою спеціальних способів обробки та отримання шихти та лігатури. Характеристика за допомогою яких можна реалізувати явище спадковості—структура і хімічний склад шихти та (або) лігатури. На етапі II (проведення плавки шихти) генетична інформація передається від шихти до розплаву. Етап III (обробка розплаву) може складатися з рафінування, модифікування, а також температурно-часової обробки розплаву, тобто вплив відбувається хімічним способом або дією фізичних полів. Ці дії спрямовані на зниження вмісту або повне видалення шкідливих домішок та поліпшення і фіксування певної макро- та мікроструктури розплаву. На етапі IV проводять розливу металу у форми. На етапі V (кристалізація) отримуємо виливок заданої форми та розмірів, причому швидкість кристалізації та інші параметри лиття суттєво впливають на якість литого виробу.

На основі такого аналізу створюються нові технології пов'язані з спеціальними методами (методами генної інженерії металів і сплавів) впливу на структуру та властивості металевих матеріалів

Подальше дослідження явища спадковості в металах приводить до появи нових понять в цій галузі металознавства. В роботах Нікітіна В.І. дається трактування ряду термінів, які пов'язані з явищем спадковості: ген, генетика, генна інженерія в сплавах, спеціальні способи обробки шихтових матеріалів, технології генної інженерії. Відмічається також, що характерний генетичний вплив на властивості сплавів після їх розплавлення та подальшої кристалізації здійснюють дефекти кристалічної будови, різного роду домішки та дисперсні інтерметалідні частинки. Вирішальний механізм реалізації спадковості структури є активізація зародкоутворення, через зменшення величини критичного радіусу зародку та (або) наявність великої кількості центрів кристалізації.

Стосовно другого напрямку то вивчають спадковість, яка проявляється: у поновленні зерна (Садовський В.Д., Счастлівцев В.М. та ін.) і збереженні границь вихідних зерен металів (Гербих Н.М. та ін.) – структурна спадковість.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що явище спадковості в металевих матеріалах проявляється не в якихось поодиноких випадках, а масово, причому наслідуються як геометричні розміри, так і дефекти кристалічної будови, розмір зерна, зміцнення, характер субструктури. Спадковість має значний вплив на формування кінцевої структури, фізико-механічні і експлуатаційні властивості литих сплавів різного призначення.

Так **З'ЯСОВАНО**, що змінюючи температурно-часові параметри кристалізації виливків можна суттєво змінювати дисперсність вихідної первинної і вторинної литої структури, розмір зерна, регулювати характер та інтенсивність дифузійного насичення, довжину структурних зон дифузійного шару і таким чином цілеспрямовано впливати на процеси хіміко-термічної обробки і властивості сталевих литих виробів (Кондратюк С.Є., Ніконоров О.С.).

Все це дозволяє розглядати спадковість в двох аспектах: спадковість як явище і спадковість як галузь науки. В першому випадку спадковість — це природна властивість металевих матеріалів, що забезпечує взаємозв'язок між їх хіміко-структурними ознаками та технологічними операціями обробки в різних стадіях (шихта > розплав > вилівка > деталь). В другому випадку спадковість може розглядатись як галузь науки про мінливість структури, що досліджує принципи зберігання, передачі і трансформації (реалізації) металогенетичної інформації протягом наступних технологічних операцій обробки і експлуатації металовиробів.

Поглиблення досліджень у цьому напрямку і узагальнення знань щодо прояву спадковості має не лише теоретичне значення, але й практичне застосування в плані обґрунтованого керування формуванням структури і властивостями сплавів.

СПОСІБ ТА ПРИСТРІЙ ВИЗНАЧЕННЯ ГРАДІЕНТУ ТОЧНОСТІ МЕТАЛООБРОБЛЯЮЧИХ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

Л.С. Глоба, В.І. Скицюк, О.О. Плотников

Отримання надточних розмірів на фрезерних верстатах з ЧПК та ОЦ пов'язано з ланцюгом проблем, однією з яких є виконання координатних переміщень робочих органів верстату з необхідною точністю. Попри всі відомі похибки котрі є притаманними цьому класу верстатів додаються похибки плинного зносу направляючих стола та шпинделя з одночасним зносом ходових пар побудованих за різним принципом. Авторські дослідження показали, що існують розбіжності у визначенні координати деталі при входженні в неї інструменту. Крім того в проведених дослідженнях було доведено, що похибка визначення координати поверхні має яскраво означений полярний харак-

тер. Це означає, що, наприклад, при контурному фрезеруванні в залежності від напрямку руху інструменту по контуру точність виконання розмірів деталей співрозмірних зі столом верстату є неоднаковою по всіх трьох координатах в абсолютній системі координат. Але деталі менших розмірів можливо виготовляти з більшою точністю, якщо відомо де саме розташована зона з відповідною точністю, що задовольнить висунутим конструкторським умовам.

Для вирішення цієї задачі, а саме визначення зон різної точності було розроблено спеціальний прилад – градієнтометр. Принцип роботи приладу закладено у виміру градієнту похибки у визначеній частині робочого простору верстата. Похибка у координатних площинах уявляється не як графічна стохастична залежність, а як векторне поле похибок прив'язане до конкретних робочих зон простору верстата. Таким чином вводиться поняття градієнту точності, який характеризується шестіркою векторів похибок позиціонування для верстату (тобто позитивні та негативні напрямки координатної системи верстата):

$$\text{grad}L(x) = \frac{L(x) - L_K}{L_K},$$

де $L(x)$ - результат вимірювання еталон-калібру довжиною L_K по координаті X системою ЧПК верстата. Оскільки верстата мають неточності у позиціонуванні робочих органів руху по координатах, то отриманий результат вимірювання – $L(x)$ завжди буде відрізнятись від зразкової довжини – L_K , до того ж, у більшу сторону.

Згідно пропонуємого способу похибка руху буде мати лінійний характер в залежності від координати в межах довжини L_K еталон-калібру. Таким чином, для виконання точного руху необхідно враховувати $\text{grad}L_X$ наступним чином:

$$L = \frac{L(x)}{1 + \text{grad}L_X},$$

де $L(x)$ – шлях, який повинен зробити координатний рушій верстата у власній системі обчислення для того, щоб реальний шлях руху вимірювального інструменту становив L .

ДИФУЗІЙНЕ ХРОМУВАННЯ БЕЗВОЛЬФРАМОВОГО ТВЕРДОГО СПЛАВУ КХН15

Долгих В.Ю.

Якість та надійність сучасного ріжучого інструменту залишається актуальною проблемою на виробництві. В останні роки, для вирішення цих задач все більше починають використовувати ріжучий інструмент з покриттями. Як показує світовий досвід використання ріжучого інструменту з захисними покриттями суттєво збільшує працездатність та надійність операцій які пов'язані з різанням металу. На даний момент, постійно зменшується відсоток чорнових операцій. Це пов'язано із застосуванням нових методів отримання заготовок, зменшенням припусків на механічну обробку, тощо. Відповідно збільшується доля навіпчистових, чистових та фінішних операцій. Саме на цих операціях ріжучий інструмент з покриттям показує свою максимальну ефективність. Це пояснюється тим, що при чорнових операціях інструмент частіше за все руйнується ніж втрачає свої ріжучі властивості за рахунок зношування.

Одночасно з тенденцією використання ріжучого інструменту з покриттями, все більше починають застосовувати матеріали з меншою собівартістю. Наприклад у групі твердосплавних інструментів використовують сплави які не містять в собі значних за ціною карбід вольфраму та кобальт. Такі сплави називають безвольфрамовими. Вже розроблено багато різних композицій твердосплавних ріжучих інструментальних матеріалів які базуються на карбідах та карбонітридах титану, карбідах хрому та ін.

Метою роботи, було поєднання цих двох прогресивних напрямків: використання безвольфрамового інструменту, та інструменту з покриттям. В роботі, показана можливість отримання дифузійних захисних покриттів на безвольфрамовому ріжучому інструменті марки КХН15. Твердий сплав КХН15 складається з карбіду хрому Cr_3C_2 – 85% та нікелевої зв'язки – 15%. Дифузійне хромування проводили в закритому реакційному просторі за умов зниженого тиску, в інтервалі температур 1173-1273К, та часі витримки 1,0 – 4,0 години.

Фазовий склад та товщину покриття досліджували пошаровим рентгеноструктурним та металографічним аналізами. Мікротвердість вимірювали на мікротвердомірі ПМТ-3. При хромуванні сплаву КХН15, має місце формування багатошарових покриттів на основі карбіду хрому та інтерметаліду на основі хрому та нікелю, яке складається з фаз Cr_7C_3 , Cr_3Ni_2 . Скоріш за все, на перших етапах взаємодії хрому з карбідом основи Cr_3C_2 відбувається утворення карбіду Cr_7C_3 . Аналіз діаграми стану системи Cr – C показав, що в системі можливе існування карбідів хрому Cr_{23}C_6 , Cr_7C_3 , Cr_3C_2 . Цілком імовірно, що для прийнятих в роботі умов насичення виникає можливість формування саме такої фази. Слід зазначити, що при хромуванні при температурі 1273 К і

часі 4 години на зовнішній стороні сплаву КХН розташована фаза, на основі хрому Cr_3Ni_2 .

Була визначена мікротвердість шарів після дифузійного хромування сплаву КХН15: шар карбиду хрому Cr_7C_3 10,5 – 12,0 ГПа; шару інтерметаліду Cr_3Ni_2 8,0 – 13,5 ГПа; твердого розчину нікелю в хромі 8,0 – 10,0 ГПа.

Розподіл хімічних елементів по товщині покриття що утворювалось після дифузійної металізації безвольфрамового твердого сплаву КХН15 хромом було вивчено мікрорентгеноспектральним аналізом. Встановлено, що метал основи нікель проникає в покриття, і як було показано рентгеноструктурним аналізом, утворює відповідні фази інтерметалідів. Слід також відзначити, що в усіх випадках дифузійної металізації, насичуючий елемент проникає на значну глибину в основу твердого сплаву. Треба відмітити, що поряд з концентраційним перерозподілом елементів по товщині покриття, спостерігається зміна фазового складу утворених шарів в залежності від температурно-часових характеристик процесу насичення. Була визначена жаростійкість безвольфрамового твердого сплаву КХН15 з покриттями на основі хрому. Після дифузійного хромування жаростійкість сплаву КХН15 підвищилась на 460 градусів і становить 1173К.

Таким чином, можна зробити висновок: дифузійне хромування безвольфрамового твердого сплаву КХН15 значно підвищує його експлуатаційні характеристики і може бути рекомендоване для широкого використання.

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ И ИНСТРУМЕНТЫ

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ НА ОСНОВЕ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Р.А. Сизоненко, Г.Г. Лагута

В экономике резания рассматривают кривую Q-T как характеристическую кривую интенсивность резания - стойкость инструмента.

Метод характеристической кривой можно реализовать даже при наличии недостаточных данных по себестоимости обработки. Путем выбора параметров режима резания, обеспечивающих максимальную близость к характеристической кривой Q-T, можно приблизиться к экономическим оптимумам. Мера близости к характеристической кривой Q-T служит эффективностью съема материала.

В число важных характеристик процесса резания входят стойкость инструмента, его износ, прогиб, поломка или выкрашивание, силы резания, потребляемая мощность, размерная точность, шероховатость поверхности и уровень остаточных напряжений на обработанной поверхности. К характеристикам резания можно отнести и такой эксплуатационный показатель как усталостная прочность, которая непосредственно связана с условиями резания при изготовлении деталей.

Аналитическая и геометрическая интерпретации характеристической кривой Q-T, применимы для любой характеристики резания, которая систематически изменяется с интенсивностью резания, а не только для стойкости инструмента.

Это утверждение справедливо при условии, что в рабочем диапазоне значений параметров режима резания существует взаимосвязь между данной характеристикой резания и интенсивностью резания. Опять же, для применения этого понятия не обязательно знать конкретные экономические целевые функции.

Таким образом, метод характеристических кривых Q-T является универсальным и может быть применен для решения важной проблемы оптимизации обычных и нетрадиционных процессов резания.

Обобщающие рекомендации, позволяющие корректно учесть комплекс характеристик процесса обработки резанием, чтобы можно было говорить о его оптимальности, отсутствуют. Известные подходы, как правило, не отличаются строгостью, поскольку, в частности, не учитывают явление изменения единичных показателей качества в разных шкалах.

В докладе рассмотрены подходы к решению вопроса о комплексной оценке эффективности процесса обработки резанием, основанные на методологической базе квалиметрии – разделе метрологии, изучающем вопросы измерения качества.

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ БУМАГОРЕЗАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЕМ НА СТАДИИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В.А. Залого, К.А. Дядюра, В.В. Сайко, В.А. Ольховик, С.Н. Карбанов

Технологический процесс изготовления печатной продукции, состоит из множества операций, включающих операции подрезки и разрезки листов (стоп) бумаги на требуемое число частей. Машины, выполняющие эту функцию, являются важной составляющей полиграфического комплекса.

В настоящее время одной из актуальных проблем, стоящей перед отечественной полиграфической промышленностью, наряду с повышением конкурентоспособности новой выпускаемой продукции, является повышение показателей качества уже существующих моделей бумагорезального оборудования путем его модернизации.

Проведение опытно-конструкторских работ на этом этапе жизненного цикла изделия (ЖЦИ) основано на комплексном (системном анализе).



Рис. 1 - Структурная схема системы автоматизированного проектирования (САПР) малоформатной бумагорезальной машины модели 2БР-47 (новое название PROGRESS-47)

Возможностей технологического процесса и оборудования, переходе от традиционных упрощенных чисто эмпирических моделей к полуэкспериментальным и аналитическим. Использование современных компьютерных технологий позволяет учесть все преимущества и недостатки эксплуатируемого оборудования (этап маркетинговых исследований), значительно сократить время проектирования и практически исключить ошибки проектирования, а также осуществлять анализ и синтез конструкции машины по заданным критериям качества, в том числе на основе новых технических решений.

На рис. 1 изображена схема системы автоматизированного проектирования (САПР) малоформатной бумагорезальной машины модели 2БР-47 с новым названием PROGRESS-47 (изготовитель – ВАТ Роменский завод полиграфических машин) в программном комплексе T-FLEX. Для проведения моделирования и проектирования конструкция бумагорезальной машины представлена в виде схемы, с помощью которой выделены основные узлы: механизмы перемещения и точного позиционирования затла, привода прижима и привода ножа и др. Начиная с технического задания (ТЗ), формируется объем данных о будущем изделии: определяются основные функциональные характеристики изделия, а также формы и методы их достижения.

Разработка 3D -модели машины на стадии опытно – конструкторского проектирования и технологии изготовления в среде программного обеспечения T-FLEX позволило не менее, чем в 2-3 раза сократить сроки проектирования и изготовления опытного образца.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТУРНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ НА ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ

Л.М Сединкин, В.П. Колюка

Актуальность данной темы заключается в том, что в машиностроении существует необходимость повышать точность обработки и производительность труда, а подготовка каждой программы завершается стадией отладки по результатам пробных обработок. При этом затраты времени на подготовку программы значительно превышают длительность работы по программе.

Одной из первых работ, в которой рассматриваются общие вопросы точности изготовления деталей на металлорежущих станках для контурной обработки, является докторская диссертация Б.Н. Петрова. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук Тахмана Симона Иосифовича на тему «Исследование особенностей контурного фрезерования с

целью достижения заданной точности и повышения производительности обработки на фрезерных станках с ЧПУ».

Целью данной работы является исследование точности контурного фрезерования на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ. Создание математической модели возникновения погрешности в любой точке произвольного контура детали при его обработке концевой фрезой.

Задача данной работы заключается в том, что на основании экспериментальных данных найти зависимость между погрешностью контурного фрезерования и глубиной, с которой производилась обработка, а также между погрешностью обработки и подачей с которой была проведена обработка. Сравнить величины зависимостей полученные экспериментальным путём и при помощи графоаналитического метода.

Результаты исследований контурного фрезерования подтвердили, что имеет место определенная зависимость увеличения погрешности контурного фрезерования с увеличением глубины резания, с которой производилась обработка, а также зависимость роста погрешности обработки от роста подачи, с которой производилась обработка. Наблюдается близость графиков зависимостей построенных по экспериментальным точкам и расчётным.

На практике чтобы повысить производительность работы станков с ЧПУ и повысить точность обработки необходимо производить корректировку программы до процесса обработки.

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ НЕРАВНОМЕРНОГО И ПРЕРЫВИСТОГО РЕЗАНИЯ

Д.Е. Собокаръ

При резании (неравномерном или прерывистом) в результате циклических, динамических и температурных нагрузок наблюдается резкое снижение ресурса лезвийных инструментов и особенно тех, режущие элементы которых изготовлены из малопрочных инструментальных материалов (СТМ, режущей керамики, твердых сплавов). В некоторых случаях может наблюдаться шести-восьмикратное снижение стойкости по сравнению со стойкостью инструментов при непрерывном равномерном резании. Кроме того, режимы резания, рекомендуемые для нестационарных процессов, и особенно тех, в которых инструмент работает по циклу «резание-отдых» существенно отличаются, в первую очередь, меньшей производительностью обработки, от режимов, рекомендуемых для стационарных процессов обработки тех же ма-

териалов. Часто для обработки заготовок из труднообрабатываемых материалов в прерывистыми поверхностями, в том числе и с неравномерным припуском (черновая обработка, обдирка), вообще отсутствуют рекомендации. Поэтому решение проблемы повышения работоспособности режущих инструментов в условиях неблагоприятного сочетания напряженно-деформированного, теплового и динамического состояния системы является своевременным и актуальным.

Цель будущих исследований: повышение работоспособности инструментов, работающих в условиях неравномерного и прерывистого резания. При этом ставятся следующие задачи:

1. Анализ теоретических и экспериментальных исследований процессов неравномерного и прерывистого резания.

2. Разработка методики теоретических и экспериментальных исследований процессов неравномерного и прерывистого резания.

2.1. Применение численных методов для анализа напряженного состояния лезвия при неравномерном и прерывистом резании.

2.2. Методика исследования влияния прерывистости обрабатываемой поверхности на напряженное состояние лезвия.

2.3. Методика исследований влияния режима резания и геометрии лезвия на силы резания.

2.4 Методика исследований влияния режима резания и геометрии лезвия на температуру резания.

2.5. Методика исследований влияния режима резания и геометрии лезвия на износ лезвия.

2.6. Методика исследований влияния режима резания и геометрии лезвия на качество обработанной поверхности.

3. Моделирование и теоретические исследования процессов неравномерного и прерывистого резания.

3.1. Разработка модели напряженного состояния (силового и теплового) лезвия при неравномерно-прерывистом резании.

3.2. Методика теоретических исследований напряженного состояния (влияние режима нагрузки лезвия) лезвия при неравномерном и прерывистом резании.

4. Исследование влияния условий обработки на напряженно-деформированное состояние лезвия и работоспособность инструментов при неравномерном и прерывистом резании.

5. Прогнозирование работоспособности инструмента при прерывистом резании и проверке результатов исследований в производственных условиях.

ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ДОПУСКОВ ГЛАДКИХ СОЕДИНЕНИЙ И КАЛИБРОВ

Н.Н. Коротун, В.А. Ольховик

Разработанная программа WSTI предназначена для расчета полей допусков гладких соединений. По заданным исходным данным программа определяет тип соединения (с зазором, с натягом или переходное), производит расчет всех необходимых параметров, и строит схемы расположения полей допусков. Программа создана для работы в среде MS DOS, при работе в Windows рекомендуется использовать FAR. Для работы программы необходимо ввести диаметр гладкого соединения в миллиметрах, и отклонения в микрометрах (в пределах $-200...+200$ мкм). В результате работы программы выводятся последовательно три экрана с текстово-графической информацией. Первый экран представляет собой общую схему расположения полей допусков с названиями размеров (D_{max} , D_{min} , d_{max} , d_{min} , S_{max} , S_{min} , N_{max} , N_{min} , ТП), которые на втором экране заменяются числовыми значениями. На третьем экране выводятся числовые результаты расчета. Программа WSTI-1 предназначена для расчета допусков калибров для гладких соединений и построения схем допусков на калибры. По заданным исходным данным программа производит расчет всех необходимых параметров, и строит схемы расположения полей допусков калибров-пробок и калибров-скоб. Для работы программы необходимо ввести диаметр гладкого соединения в мм, отклонения в микрометрах (в пределах $-200...+200$ мкм), а также параметры калибров ($H, H_1, Z, Z_1, Y, Y_1, H_p$) в мкм. В результате расчета выводятся последовательно пять экранов с текстово-графической информацией. Первый экран представляет собой общую схему расположения полей допусков калибра-пробки, с указанием параметров, которые на втором экране имеют числовые значения. Третий и четвертый экраны выводят схемы расположения полей допусков калибра-скобы, в общем и частном случаях соответственно. На пятом экране представлены числовые результаты расчета. Программы могут быть использованы для дистанционного обучения и контроля.

СПОСОБЫ ДИАГНОСТИКИ ИНСТРУМЕНТА

Н.Н. Коротун, Ю.В. Шаповал

В области контакта режущего инструмента со стружкой и обрабатываемой поверхностью детали определяют величину емкости и сопротивления. При остро заточенном инструменте величина емкости и сопротивления определяются зоной контакта передней поверхности режущего инструмента

и стружки. При наличии фаски износа по задней поверхности величина емкости и сопротивления контакта изменяется. Сопротивление и емкость контакта по передней и задней поверхностям влияют на скачок электродвижущей силы (ЭДС). ЭДС изношенного инструмента превышает ЭДС изношенного инструмента. По отношению ЭДС определяют степень износа инструмента. Способом диагностики инструмента является измерение переходного сопротивления в паре инструмент – деталь. Для этого подключают источник постоянного напряжения к паре инструмент - деталь, измеряют сопротивление, производят дополнительное измерение образовавшейся цепи при подключенном обратной полярностью источнике постоянного напряжения, а о величине переходного сопротивления судят по среднему значению двух измерений. Диагностику и поломку инструмента на станках определяют, учитывая закономерности изменения температуры резания в процессе износа инструмента. Как правило, температура резания при нормальном износе инструмента изменяется линейно. При значительном износе (при поломке) инструмента она или резко возрастает, или начинает снижаться. Для контроля целостности и степени износа режущего инструмента применяют и бесконтактные способы контроля. Измерение формы инструментального лезвия в любой интересующей точке можно осуществить сканированием поверхности. Возникающую при измерении информацию о состоянии поверхности и форме лезвия инструмента получают в виде спектра напряжения постоянного тока. В процессе нарезания внутренней резьбы метчики диагностируют сигналом акустической эмиссии при прямом и обратном ходе резьбонарезного инструмента, а по отношению сигналов судят об износе режущих кромок. Наиболее перспективным представляется метод акустической эмиссии, который применен нами для определения износа и диагностирования работоспособности токарных резцов.

СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТА

Н.Н. Коротун, Д.В. Криворучко, Р. Н. Зинченко, Ю.В. Шаповал

Нами разработана система диагностики инструмента на металлорежущем станке. В основу метода положен принцип анализа изменения акустического сигнала при работе системы с исправным и неисправным инструментом. Для анализа полученного акустического сигнала и принятия решения о работоспособности инструмента использована программа, моделирующая работу нейронной сети.

Сущность работы системы заключается в том, что сигнал из зоны обработки через звуковой адаптер поступает в программу обработки акустического сигнала, и раскладывается в спектр. Спектр разбивается на интервалы, и в пределах каждого из интервалов происходит анализ интенсивности акустического сигнала для каждой из выделенных частот. Одновременно на входы модели нейронной сети подаются значения режимов резания и координаты положения инструмента. После анализа сигналов на выходе получаем результат о работоспособности инструмента.

Особенностью работы системы является то, что перед началом работы модель нейронной сети необходимо обучить.

К достоинствам данного метода диагностирования можно отнести возможность с большой степенью достоверности выявить работоспособность инструмента; определить величину его износа; диагностирование инструмента осуществляется в режиме реального времени; не требуются дополнительные измерения жесткости оборудования, зазоров в передачах и др.; активность контроля инструмента.

К недостаткам системы следует отнести зависимость результатов диагностики инструмента от оборудования, на котором было произведено моделирование нейронной сети; качество и точность оценки состояния инструмента зависят также от качества модели и программного обеспечения. Математическая модель, ее совершенствование и программное обеспечение является предметом дальнейших исследований.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАТОЧКИ СВЕРЛ

Н.Н. Коротун, О.В. Запорожец

Известную сложность представляет заточка спиральных сверл диаметром более 60 мм. для заточки таких сверл на универсальных станках требуются круги с шириной рабочей части, перекрывающей длину режущей кромки сверла; наличие приспособления, обеспечивающего базирование сверл, их перемещение и вращение в соответствии с геометрией задней поверхности. Имеются технические решения, где предложено применение кругов с более узкой режущей частью. Однако в этом случае требуется дополнительные движения сверл, реализующие их планетарное движение, что существенно усложняет кинематику станка. Известно также, что сверла большого диаметра работают, как правило, в режиме растачивания отверстий, т.е. перемычка и примыкающие к ней элементы задней поверхности не подвергаются интенсивным нагрузкам и не изнашиваются. поэтому перемычка и задняя поверхность у перемычки переточки не требуют, хотя их тоже затачивают. Износ сверл большого диаметра наблюдается в зоне главной и вспомогательной режущей кромок как по передней, так и по задней поверхностям сверла. Более зна-

чителен износ по задней поверхности, и по задней поверхности перетачивают сверла. Однако при работе сверл в режиме рассверливания отверстий часть задней поверхности сверла остается с исходной заточкой, т.е. с первоначальной геометрией, как не подвергающаяся износу. С другой стороны, характер изменения заднего угла практически одинаков для всей задней поверхности, кроме прилегающей к перемычке.

На основе анализа приведенных факторов нами предложено устройство для заточки сверл большого диаметра, которое не требует наличия станка и сложного приспособления. Отличия устройства от известных технических решений заключается в том, что устройство базируется непосредственно на затачиваемом сверле. Это возможно потому, что сверла большого диаметра достаточно массивные и жесткие. Один из базисующих элементов устанавливается на перемычке сверла, а закрепление приспособления осуществляется за рабочую часть сверла. На базисующем элементе у перемычки сверла размещены затачивающий шпиндель и следящий привод, кинематически связанный с затачивающим шпинделем. Следящее устройство имеет точечный контакт по образующей задней поверхности сверла в той части, которая осталась не изношенной. Затачивающий высокооборотный шпиндель также имеет практически точечный контакт с затачиваемой задней поверхностью. Перемещения шпинделя могут осуществляться как по прямой образующей задней поверхности сверла, так и по спиральной. При этом одна из задних поверхностей является копирующим элементом для другой, затачиваемой. Поле заточки одной поверхности последующая затачивается по аналогии с предыдущей, но копирующей при этом является уже заточенная поверхность.

Предлагаемое устройство может найти применение в условиях предприятий, не имеющих универсальных станков и сложных приспособлений для заточки сверл больших диаметров.

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И СОЗДАНИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССА ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ

В.А. Залого, А.В. Ивченко, А.А. Бойко

Как показывает опыт зарубежных фирм и передовых отечественных предприятий, без создания цельной системы управления качеством процесса эксплуатации инструмента не может быть обеспечена высокая степень конкурентоспособности любого механообрабатывающего инструмента. Все это отчетливо просматривается при сертификации систем качества (аттестация произ-

водственных процессов) предприятий по требованиям различных международных и национальных стандартов, направленных на обеспечение качества выпускаемой продукции (например, ДСТУ ISO 9001-2001).

Принципиальный подход в оценке технического уровня изделий основан на сопоставлении значений единичных показателей качества продукции со значениями соответствующих показателей лучших мировых аналогов, учете значимости каждого показателя в условиях эксплуатации, определении метода оценки технического уровня изделия, принятии заключения о соответствии продукции современному мировому техническому уровню и выработки управленческих решений. Последовательность проведения работ по оценке технического уровня продукции показана на рисунке 1.

Для проведения работ по оценке уровня качества режущего инструмента предлагается использовать ГОСТ 2.116-84 «Карта технического уровня и качества продукции». Данный стандарт рекомендует использовать карту уровня, но вводит ряд ограничений для ее применения: оценку технического уровня и качества продукции должно проводить предприятие - изготовитель, а сама карта уровня составляется только лишь на продукцию, входящую в Перечень продукции машиностроения, имеющее важнейшее народнохозяйственное значение. Все это, по мнению авторов, не приемлемо для такого вида продукции, как режущий инструмент, особенно в сложившихся рыночных условиях, когда машиностроительные предприятия для механической обработки материала часто используют инструмент, изготовленный иностранным производителем. И когда отечественный производитель машиностроительной продукции сертифицирует системы управления ее качеством в соответствии с международными стандартами, в которых одним из основных требований является разработка процедур закупок, как различного оборудования, так и материалов, он сталкивается в числе других и с проблемой закупки режущего инструмента, так как на данный период времени еще нет четко обоснованных методов выбора наилучших из предлагаемых вариантов режущих инструментов, учитывающих как технические, так и экономические аспекты процедуры выбора такой продукции.

В данном докладе авторы ограничиваются лишь обоснованием проведения работ по оценке технического уровня и качества режущего инструмента предприятием, эксплуатирующим данный инструмент, а также предлагают свой метод для выбора базовых образцов и вида карты технического уровня и качества инструмента.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ, СТАБИЛЬНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТОДОМ ПОПУТНОГО ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО ТОЧЕНИЯ

К.А. Дядюра, А.В. Алещенко

1. Основные понятия.

Под технологической точностью для металлорежущих станков понимается степень соответствия результатов процесса резания заданным показателям качества (допускам), под стабильностью - постоянство во времени оценок параметров распределения технологической точности, а под устойчивостью - свойство процесса резания сохранять точность показателей качества во время и после обработки.

2. Методики оценки точности, стабильности и устойчивости станочных операций.

В настоящее время разработано значительное число методик анализа степени влияния технологического оборудования на выходные параметры процесса обработки на металлорежущих станках.

В машиностроении с крупносерийным и массовым типами производства используется методы единовременных и текущих выборок.

2.1 Метод единовременных выборок

Реализация метода единовременных выборок предусматривает однократный отбор ограниченной партии деталей (не менее 50), измерение точностных характеристик и их статистическая обработка. Мерами оценки точности, стабильности и устойчивости операций технологического процесса служат стандартизованные величины - коэффициент точности (K_t), коэффициент смещения уровня настроенности процесса (K_n) и возможная доля брака или дефектных деталей (q).

$$K_t = \frac{t\sigma}{\delta} \quad (1)$$

где t - коэффициент (квантиль), зависящий от закона рассеивания погрешности обработки, σ - дисперсия, δ - допуск.

Коэффициент смещения K_n

$$K_n = \frac{X_{cp} - B_{cp}}{\delta} \quad (2)$$

Возможная доля дефектности является критериальной оценкой и при нормальном законе распределения погрешностей обработки находится из зависимости:

$$q = 1 - \Phi\left(\frac{0.5 + |K_n|}{K_p}\right) + \Phi\left(\frac{0.5 + |B|}{K_p}\right) \quad (3)$$

2.2 Метод текущих выборок

В отличие от метода единовременных выборок метод текущих выборок позволяет выполнять наблюдение за ходом технологического процесса во времени. При этом для его реализации периодически делаются выборки ограниченного размера (по 4-6 деталей в выборке), детали обмеряются и результаты контроля статистически обрабатываются - рассчитываются средние значения контролируемых размеров X_{cp} , их предельные отклонения:

$$\Delta X_{cp} = \frac{2\sigma_v \sigma}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

и размах

$$R = X_{max} - X_{min} \quad (5)$$

Полученные значения визуализируются на диаграмме, подобной изображенной на рисунке 1. В случае, если в процессе выполнения технологического процесса производится подналадка оборудования, приводящая к изменению усредненного значения контролируемого параметра, то диаграмма отображается с обрывом линии графика.

Для более объективного представления о точности и стабильности хода процесса по контролируемому показателю качества на диаграмму наносятся линии контрольных пределов: верхняя L_v и нижняя L_n на поле графика X_{cp} и одна L_r на графике R . Для нормального закона распределения

$$L_v = B_{max} - \frac{K\sigma}{2} = B_{min} + \frac{K\sigma}{2} \sigma_r = v\sigma \quad (6)$$

где K и v - коэффициенты, величина которых определяется размеров выборок.

При этом, очевидно, что если точки рассчитанных статистических характеристик X_{cp} и R находятся внутри зон контролируемых пределов, то процесс механической обработки на станках точен (по рассеянию) и правилен по настроенности и нет оснований для выполнения операций технического обслуживания, связанных с поднастройкой оборудования.

3. Прогнозирование момента подналадки технологической системы механической обработки при возможных отклонениях от допустимых значений размеров обрабатываемых деталей

Основными факторами, обуславливающими качество изготовления деталей, является строгое исполнение разработанных технологических процессов и оперативный контроль и подналадка технологических систем при возможных отклонениях размеров детали от их допустимых значений, проставляемых на рабочих чертежах.

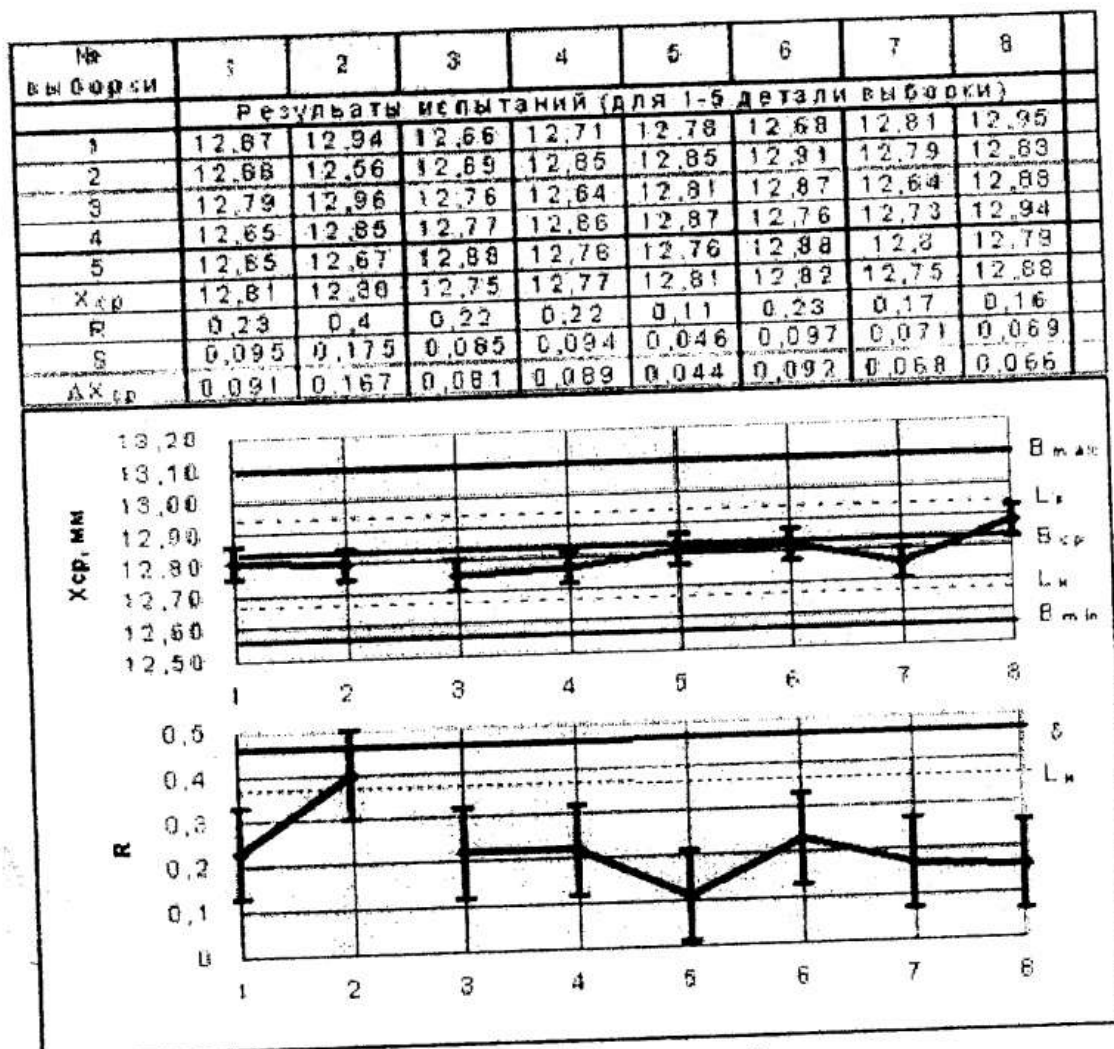


Рис. 1 – Визуализация полученных значений

Каждому методу обработки, осуществляемому на определенном оборудовании, свойственна своя величина рассеивания размеров, характеризующая поле рассеивания. Величина поля рассеивания определяется методом обработки, конструкцией, размером и состоянием станка (в зависимости от его точности и жесткости). Рассеивание размеров, связанное с методом обработки, не остается постоянным в продолжении обработки партии деталей, а изменяется в зависимости от состояния режущего лезвия инструмента и обрабатывающей технологической системы.

ОБРАБОТКА ТОНКОСТЕННЫХ КОЛЕЦ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

Д. В. Криворучко, А. А. Бондаренко

Детали типа кольцо, имеющие отношение своей толщины и ширины к диаметру наружной цилиндрической поверхности 1:7-1:10 в машинострое-

нии встречаются достаточно часто. Производственный опыт показывает, что обработать цилиндрическую внутреннюю или наружную поверхность этих деталей с точностью по 6-7 качеству токарным способом достаточно сложно, поскольку возникает отклонение от круглости более половины допуска на размер заготовки (дефект «гранность»). Как было установлено в ходе исследования указанное отклонение определяется погрешностью закрепления заготовки в патроне и ее деформацией. Применение других специальных приспособлений, таких как, например, цанговых или многолепестковых патронов, планшайб и др. или дополнительных операций, например, круглошлифовальной, в условиях мелкосерийного производства экономически невыгодно или технически невозможно.

В данном исследовании проблема решалась закреплением заготовки с контролируемой силой. Величина силы определялась с помощью математической модели процесса закрепления заготовки в трехлапчатом патроне. Она принималась равной величине силы, деформирующей заготовку не более чем на треть допуска на обрабатываемый размер. Величину силы закрепления предложено контролировать динамометрическим ключом. Следуя данной методике удалось уменьшить отклонение от круглости при обработке поверхности кольца диаметром 290 мм с 60 мкм до 30 мкм, что позволяет признать деталь годной.

ПРОБЛЕМЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ РОТОРНЫХ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ СХЕМОЙ РЕЗАНИЯ

Д.Г. Голдун

Процесс тангенциального точения позволяет реализовать роторный принцип действия станков-автоматов (полуавтоматов) непрерывного действия для обработки коротких тел вращения (колец, фланцев, шкивов, зубчатых колёс, и т. д.): при непрерывном вращении шпиндельного барабана с закреплёнными на шпинделях заготовками реализуется круговая подача при относительно неподвижно установленном на станине в инструментальных блоках инструменте. Станки с таким принципом действия имеют ряд известных преимуществ. Однако к настоящему времени спроектирован и изготовлен лишь один станок – станок модели КА-350. Это обусловлено отсутствием принципов проектирования станков такого принципа, методологии расчёта основных его узлов с учётом специфики процесса тангенциального резания.

Традиционные компоновки фрезерных, расточных, токарных и других универсальных станков прошли долгий путь совершенствования в связи с необходимостью использования новых инструментов, расширения универ-

сальности, повышения жесткости в связи с интенсификацией режимов резания. Как оказалось многие проблемы могут быть решены с помощью теории компоновок металлорежущих станков. Растущая конкуренция требует ускорения проектирования и изготовления станков. В связи с этим растет потребность в формализации проектирования с последующей автоматизацией этого процесса с помощью ЭВМ. Это актуально и для роторных станков с тангенциальной схемой действия.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СВЕРЛЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ

Д. В. Криворучко, С. С. Емельяненко

Увеличение диаметра отверстия после сверления δ является следствием погрешности заточки сверла и радиального биения базовой поверхности шпинделя сверлильного станка. При наличии радиального биения базовой поверхности шпинделя диаметр обработанного отверстия увеличивается на величину этого биения. Погрешность заточки сверла проявляется в осевом биении его главных режущих кромок Δ . В ходе проведенных исследований было установлено, что при сверлении отверстий диаметром близким к 16 мм в стали 40Х δ примерно в 1.4 раза больше величины Δ . Заточка сверл вручную опытным заточником может быть выполнена со средним осевым биением главных режущих кромок сверла $\Delta=220$ мкм и средним квадратическим отклонением 73 мкм. Значимая корреляция между диаметром сверла и величиной Δ при заточке вручную сверл диаметрами от 10 до 25 мм не была обнаружена. С такими показателями заточки при работе на нормативных режимах резания в 34 % случаев сверление будет приводить к браку отверстий 14 качества точности. Величину брака можно уменьшить, если диаметр сверла выбирать на 0.1-0.2 мм меньше диаметра отверстия или снизить скорость резания и/или подачу в 2-3 раза.

С другой стороны можно выполнить более точную заточку сверл машинным способом. Для этого спроектирован и изготовлен малогабаритный станок для заточки сверл. Заточка с помощью этого станка может быть выполнена со средним осевым биением главных режущих кромок сверла $\Delta=27$ мкм и средним квадратическим отклонением 15 мкм. Такие показатели заточки исключают брак при сверлении на нормативных режимах резания отверстий даже 12 качества точности сверлом номинального диаметра.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВОПРОСОВ

Алексеев А.Н., Полев А.С.

При разработке методов оценки знаний с помощью системы тестовых вопросов назначение весовых коэффициентов является одним из основных этапов, определяющих достоверность результатов контроля знаний. С помощью весовых коэффициентов определяется степень трудности вопроса по отношению к остальным вопросам, задается максимальное количество баллов, которое студент может получить при правильном ответе на вопрос и возможное общее количество баллов за весь ответ, т.е. в конечном счете, устанавливается количественная и качественная (для установленной шкалы оценок) характеристика знаний.

Для повышения достоверности результатов тестирования, особенно при большом числе вопросов в теме, когда сложно выдержит общую стратегию и установить для каждого из вопросов сопоставимую меру сложности, предлагается устанавливать весовые коэффициенты с помощью экспертного оценивания, построенного на базе метода попарных сравнений.

Для реализации метода попарных сравнений привлекаются эксперты, из числа преподавателей и практических работников, обладающих достаточным знанием по всем вопросам темы, предлагаемой для тестирования. При этом уровень знаний экспертов не обязательно должен быть однородным, т.к. для нормируемых весовых коэффициентов экспертиза предусматривает постановку относительных мер, которые затем пересчитываются в абсолютные величины.

При проведении попарных сравнений последовательно сопоставляются степени сложности каждого вопроса с каждым. Если, по мнению эксперта, анализируемый вопрос более сложен, чем вопрос, с которым он сравнивается, то ему присваивается относительная мера $V_i = 1$. Если анализируемый вопрос менее сложен, то присваивается мера $V_i = 0$. В случае равной сложности вопросов принимается $V_i = 0,5$. Затем анализируемый вопрос сопоставляется с очередным вопросом темы и для него определяется очередное значение относительной меры. Сравнения выполняются до тех пор, пока анализируемый вопрос не будет сравнен со всеми вопросами темы и ему не будет назначен соответствующий массив значений V_i , который отражает степень сложности вопроса, по отношению ко всем остальным вопросам темы. По результатам сравнений рассчитывается ранг вопроса R_i , как сумма значений V_i .

$$R_i = \sum V_i$$

Экспертиза проводится для всех вопросов темы, для каждого из них устанавливается массив значений V_i и рассчитывается ранг R_i .

ВНУТРЕННИЕ И ВНЕШНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

С.В. Швец, М.Б. Яненко

Количество получаемых при обработке резанием деталей, производительность и экономическая эффективность процесса зависят от качества, надежности и работоспособности режущих инструментов. Конструктивные элементы инструментов определяются условиями обработки, условиями эксплуатации. Общие требования к режущим инструментам следующие $I = \{I_1, I_2, I_3\}$,

где I_1 - возможность осуществлять резание; I_2 - достижение требуемого качества изделия; I_3 - экономическая эффективность обработки.

$I_1 = I_1(y_1, y_2, y_3)$ содержит y_1 - свойства материала лезвия; y_2 - геометрия лезвия; y_3 - режимы резания.

$I_2 = I_2(y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, y_9, y_{10}, y_{11}, y_{12})$,

где y_4 - конструкция инструмента (жесткость, калибрующая часть); y_5 - форма профиля режущих кромок; y_6 - способы крепления и базирования; y_7 - регулирование и настройка исполнительных размеров; y_8 - качество рабочих поверхностей лезвий, точность; y_9 - количество лезвий; y_{10} - свойства обрабатываемого материала; y_{11} - форма детали; y_{12} - отвод стружки.

$I_3 = I_3(y_1, y_3, y_4, y_5, y_9, y_{13}, y_{14}, y_{15}, y_{16}, y_{17})$,

где y_{13} - стойкость лезвия; y_{14} - стоимость инструмента; y_{15} - затраты на восстановление; y_{16} - производительность; y_{17} - надежность, простота настройки и замены.

Имеется большое количество видов инструментов. Однако все режущие инструменты имеют рабочую часть. Рабочая часть состоит из одного или нескольких лезвий. Поэтому, если применяется многолезвийный инструмент, то образуется несколько систем резания, по количеству имеющихся лезвий.

Множество видов инструментов позволяет выбрать инструмент в соответствии с применяемым оборудованием, производительностью, формой и качеством обработанной поверхности

$W = \{W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, W_7, W_8, W_9\}$.

Если W_1 - резцы, то окончательная форма и название резца определяется многими факторами $W_1 = W_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7)$,

где x_1 - качество обработанной поверхности; x_2 - установка и движение по отношению к детали (радиальные или тангенциальные, правые или левые); x_3 - конструкция рабочей части (прямые, отогнутые); x_4 - конструкция присоединительной части; x_5 - механические свойства материала лезвия и способ его крепления; x_6 - механические свойства обрабатываемого материала; x_7 - вид обработки (проходные, подрезные, расточные, отрезные и т.д.). Поэтому проектирование режущего инструмента включает и правильный выбор инструментального материала.

ВЫБОР СХЕМЫ СРЕЗАНИЯ ПРИПУСКА ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ

С.В. Швец, А.В. Лебедь

Схема срезания слоев оказывает влияние на конструкцию режущей части инструмента и на его стойкость. Применяют две основные схемы: *одинарная* или обычная, при которой каждый режущий зуб срезает слой толщиной a за счет превышения вы-

соты последующего зуба; *групповая*, при которой все зубья разделяются на группы, имеющие в пределах группы одинаковые диаметры и срезающие общий слой толщиной a за счет уширения режущей кромки последующего зуба.

Протяжки, работающие по первой схеме это протяжки одинарного резания. По второй схеме – группового резания.

Суммарная сила резания, как обычно, раскладывается на составляющие, среди которых P_z имеет определяющее влияние на стойкость и производительность инструмента

$$P_z = pFz,$$

где p – удельная сила резания; F – площадь слоя, срезаемого одним зубом; z – количество одновременно работающих зубьев.

При протягивании отверстий по одинарной схеме срезаемый слой представляет собой полый цилиндр с толщиной стенки, равной величине подъема на зуб, и с длиной равной длине протянутой поверхности.

В некоторых случаях (при значительном a) сход стружки по нарезной поверхности и размещения ее во впадине затрудняется. Поэтому на кромках зубьев в шахматном порядке делают стружкоразделительные канавки. При этом срезаемый слой разделяется на отдельные ленты шириной b_i . Наличие стружкоделителей приводит к образованию вспомогательных режущих кромок, которые также принимают участие в работе резания. При этом стружка получает ребро жесткости – свертывается с большим усилием и в менее плотный валик требуется канавка большего объема; появляются уголки на кромке, и стружкоделители становятся очагами усиленного износа

протяжки. Площадь среза $F = \sum_{i=1}^n b_i \cdot a$. можно изменить только изменяя a (для стали

$a = 0,015 \div 0,15$, а для чугуна $a = 0,03 \div 0,21$). F не может быть очень большой из-за непомерных сил резания.

Протяжки, работающие по групповой схеме резания, имеют большую величину подъема на зуб a , чем одинарного резания, что повышает их стойкость. При этом, за счет распределения припуска в пределах группы по ширине, площадь среза остается в допустимых пределах. Практика показала, что в связи с этим они в среднем получают на 30% короче и имеют в 2 раза большую стойкость. Поэтому выбор схемы резания в начале проектирования инструмента имеет принципиальное значение. Для повышения эффективности этой процедуры предложен экономический критерий.

ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СТАНКОВ

Н.Н. Коротун, А.В. Новиков

Физические модели станков, в отличие от математических, или виртуальных 3 – D, всегда материальны. Это позволяет четче сопоставить их с реальными объектами значительно большего масштаба. Физические модели могут быть моделями - копиями и действующими моделями. Те и другие имеют свою область применения. Модели - копии широко используются зарубежными фирмами для рекламных целей, как наглядные пособия. Выпол-

няют такие модели с большой степенью достоверности и детализации базовому образцу станка. На таких моделях отрабатывают элементы архитектуры и дизайна как существующих станков, так и прогнозируемых в производство. Действующие модели чаще используются в учебном процессе как заменяющие дорогостоящие и в ряде случаев отсутствующие базовые станки. Кроме того, в последнее время появилась тенденция создания малогабаритных станков, использование которых при производстве небольших деталей является весьма эффективным. Следует отметить, что малогабаритные станки не всегда являются истинно действующими моделями. В ряде случаев они лишь приближенно напоминают базовые станки, хотя по функциональным возможностям вполне соответствуют модели. На действующих моделях не используется мелкая и подробная детализация как на моделях - копиях. Напротив, действующая настольная модель станка может иметь пульт управления, аналогичный пульта управления базового станка. Это тем более важно, что обучаемый при переходе от модели к реальному оборудованию пользуется уже известным для него пультом управления. На действующих моделях могут быть иными конструкции приводов подач, чем на базовом станке. Например, вместо механизма ходовой винт - гайка базового станка используется рейка - шестерня на модели или наоборот. Поэтому при проектировании и создании моделей требуется определенный подход. Подходы создания физических и других моделей имеют некоторые сходства. При создании любых моделей рассматривают их структуру, свойства, функционирование. Физическая модель более структурирована и более функциональна, чем математическая. По структуре физическая модель всегда отображает устройство станка и связь между составляющими его элементами, причем так же, как на базовом станке. Отражение механических процессов в физической модели также достаточно подобно механическим процессам базового станка, т.е. функциональность физической модели достаточно высока. На основе этих представлений можно сказать, что физическая модель станка является комбинированной, структурно - функциональной. Если физическую модель создавать с учетом теории подобия, т.е. так, чтобы критерии подобия отдельных механических элементов модели и базового станка были одного порядка или близки к этому, то физическую модель можно создать не только как действующую, но и как имитационную, с большой степенью приближения к реальному станку. В этих случаях требуется, например, иметь приближенное равенство критериев подобия приводов подач, привода главного движения, жесткости отдельных конструктивных элементов. При физическом моделировании станков должны быть учтены и рассмотрены некоторые свойства модели. Например, полнота модели позволяет достаточно правильно отразить те характеристики и особенности станка, которые присущи именно

станкам данной группы, подгруппы или типоразмера. Физическая модель должна, как правило, пропорционально отражать габаритные размеры станка. Однако на модели может и не быть элементов тонкой детализации. Точность модели по геометрическим параметрам дает возможность обеспечить приемлемое совпадение реальных и созданных на модели образцов обработанных деталей. Существенным преимуществом физических моделей от других является их наглядность, причем наглядность эта значительно выше виртуальных моделей и тем более аксонометрических проекций. Одной из приемлемых для разработки и создания действующих моделей является модель бесконечно-фрезерного станка, предлагаемая для рассмотрения.

РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СТАНКОВ ДЛЯ ЗАТОЧКИ ПЛОСКИХ НОЖЕЙ

Д.М.Алексеевко. А.В.Серобаба

Эксплуатация бумагорезального и деревообрабатывающего инструмента, в частности плоских ножей, является достаточно сложным и трудоемким процессом, связанным с их конструктивными особенностями, а также их определяющей ролью в обеспечении заданной производительности и качества продукции.

Эффективность производств, эксплуатирующих плоские ножи с малыми углами заострения существенно зависит от культуры и уровня технологического совершенства инструментального хозяйства. Как правило, на большинстве полиграфических предприятий организация заточного процесса является узким местом, независимо от самостоятельной или централизованной заточки инструмента на специализированных региональных участках.

Крупные предприятия, позволяющие себе приобрести дорогостоящее импортное оборудование несут существенные затраты на его эксплуатацию и находятся в постоянной зависимости от соответствующих фирм при замене охлаждающей жидкости и шлифовального инструмента.

Централизованная заточка инструмента предусматривает дополнительные транспортные и организационные затраты при установленном исполнительном качестве инструмента, зависящим от коммерческих интересов обслуживающей фирмы, в особенности при отсутствии достаточной конкуренции.

Эффективность эксплуатации режущего инструмента в конечном итоге зависит от физического состояния и геометрических параметров его режущей кромки, необходимым условием качества которой являются свойства исход-

ного материала, определяемого фирмой-производителем. Дорогостоящий импортный инструмент исключает при своей эксплуатации применение несовершенных технологий и устаревшего изношенного заточного оборудования.

При сложившейся в настоящее время ситуации наиболее целесообразным решением вышестоящих проблем при заточке инструмента для многих предприятий может быть применение шлифовальных кругов из сверхтвердых материалов. Экономическая эффективность их использования возможна только при специальной технологии, основанной на электрофизических методах обработки, позволяющих достичь максимального качества при заданной производительности.

Материальные затраты для использования предлагаемой технологии доступны большинству предприятий и заключаются в соответствующей модернизации существующего оборудования.

Для достижения максимальной эффективности эксплуатации плоских ножей предлагается целый ряд нововведений, среди которых специальные устройства для автономной подточки, позволяющее поддерживать режущие свойства ножей в процессе их работы с сокращением стационарного заточного оборудования и резким увеличением срока службы ножей, а также использования более производительной лезвийной обработки при съеме больших припусков и затыловании. В этом случае особенно актуальным является возможность последовательного или одновременного выполнения операций фрезерования и шлифования инструмента с одной установки.

ХИМИЯ

ТВЕРДОКОНТАКТНЫЕ ИОНОСЕЛЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ С ВНУТРЕННЕЙ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ

Манжос А.П., Манжос Л.С.

Обсуждаются свойства твердоконтактных калий-селективных электродов на основе валиномицина, в которых для стабилизации потенциала внутреннего токоотвода применялись различные окислительно-восстановительные системы: редоксит ЭО-7, гемм, катионит КУ-2 в смешанной форме $Fe^{2+} - Fe^{3+}$.

Показано, что две первые системы в сочетании с компонентами, создающими буферность по рН и основному потенциалоопределяющему иону, приводят к установлению стабильных потенциалов (колебания их значений в течение нескольких месяцев не превосходят ± 2 мВ).

По основным селективным характеристикам твердоконтактные электроды не отличаются от соответствующих пленочных электродов с жидкостным заполнением. Различие состоит только в их реакции на внешнюю окислительно-восстановительную среду.

Обнаружено, что в растворах, содержащих, помимо хлорида основного потенциалоопределяющего иона, небольшие добавки окислительно-восстановительной системы (ферро/феррицианид), твердоконтактные электроды начинают реагировать на окислительный потенциал среды в течение первого часа, а некоторые даже в течение 5-10 минут контакта с раствором, в то время как потенциал пленочных электродов при добавлении окислительно-восстановительной системы не изменяется вовсе. Поскольку быстрая реакция на окислительный потенциал среды наблюдается для всех исследованных твердоконтактных электродов независимо от того, локализована ли внутренняя окислительно-восстановительная система у поверхности токоотвода или распределена по всей мембране, то можно сделать вывод о большой скорости проникновения компонентов внешней окислительно-восстановительной системы через мембрану. В то же время индифферентность обычных пленочных электродов по отношению к системе ферро-феррицианид свидетельствует о том, что вклад потоков ионов внешней окислительно-восстановительной системы в перенос электричества через исследуемые мембраны ничтожен. Влияние рН раствора на внутреннюю окислительно-восстановительную систему не обнаружено. Это дает возможность использовать твердоконтактные электроды с внутренней окислительно-восстановительной системой для измерения активности ионов калия в различных средах.

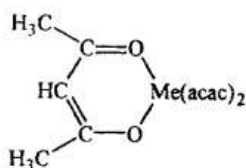
β-ДИКЕТОНАТИ ПЕРЕХІДНИХ МЕТАЛІВ ЯК ІНІЦІАТОРИ ФОТОПОЛІМЕРИЗАЦІЇ ДИВІНІЛ (ТРИЕТИЛЕНГЛІКОЛЬ)БІС-О- ФТАЛАТА

Ю.Б. Нікозять *, Л.М. Миронович, О.Д. Іващенко *

*Полтавський університет споживчої кооперації України

В літературі практично не описано використання β-дикетонатів перехідних металів як фотоініціаторів радикальної полімеризації олігоєфіракрилатів. В зв'язку з цим дослідження ініціюючої здатності β-дикетонатів перехідних металів, як фотоініціаторів вільно радикальної полімеризації метакрилатів, є актуальним.

Нами досліджена фотополімеризаційна здатність нового вінілового олігомеру з подвійними зв'язками неметакрилатного типу – дивініл(триетиленгліколь)біс-о-фталата (ДФТ) у присутності β-дикетонатів перехідних металів. Як фотоініціатори (ФІ) використовували ацетилацетонати (АА) кобальту (Ш), заліза (Ш), хрому (Ш), нікелю (ІІ). Характеристики та властивості фотоініціаторів відповідали описаним. За робочу концентрацію обрана концентрація ФІ 3 % мас.



де Me - Fe⁺³, Co⁺³, Cr⁺³, Ni⁺²

Фотополімеризацію ДФТ проводили між двома кварцовими пластинками під дією УФ опромінення ртутно-кварцової лампи ДРТ-400 на відстані 10 см від опромінюваної поверхні протягом 300 с. Для плівок визначали броматометрично конверсію подвійних зв'язків (Г подв). Вміст сітчастого полімеру (Г тр) визначали гравіметричним методом екстракцією із киплячого ацетону протягом 6 годин.

Плівкотворення ДФТ відбувається без індукційного періоду. Граничні глибини полімеризації досить близькі для АА кобальту (Ш) і АА заліза (Ш) і перевищують граничні глибини полімеризації інших ФІ. Виявлено, що швидкість плівкотворення залежить від природи ФІ і зростає в ряду: АА нікелю (ІІ) < АА хрому (Ш) < АА заліза (Ш) < АА кобальту (Ш). Швидкість трьохмірної полімеризації найбільша при використанні АА кобальту (Ш). Висока загальна швидкість фотополімеризації ДФТ, що перевищує на два порядки значення, одержанні при використанні ОВС, свідчать про високу ефективність β-дикетонатів перехідних металів як фотоініціаторів.

Фотоотверджений ДФТ знайшов застосування як плівкотвірна речовина при виготовленні зубних протезів.

РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОЗАМЕЩЕННЫХ 1,2,4-ТРИАЗИНОВ

А.И.Акиншин, Л.М.Миронович

Синтез и исследование реакционной способности замещенных 1,2,4-триазинов является актуальным, вследствие биологической активности, проявляемой соединениями данного класса гетероциклов, в качестве пестицидов и фармакологических препаратов. Особый интерес представляют amino-, гидразино производные 1,2,4-триазинов, которые являются реакционноспособными агентами для получения новых производных по amino-, гидразиновой группе, а также бициклических систем.

Нами осуществлен синтез 3-гидразино-5-оксо-6-R-2H-1,2,4-триазинов (I) гидразинолизом 5-оксо-3-тиоксо-6-R-2H,4H-1,2,4-триазинов в среде пропанола-2 при температуре 70-80° С. Формилирование муравьиной кислотой соединения I, через промежуточное 3-формилгидразинопроизводное 1,2,4-триазина, которое из реакционной смеси не выделялось, приводит к образованию бициклической системы — 2-оксо-3-R-1H-1,2,4-триазоло[4,5-b]1,2,4-триазина (II). Замыкание нового цикла проходит по атому N₍₂₎ триазинового кольца, а не атома азота в положении 4 гетероцикла, вследствие большей нуклеофильности, согласно литературных данных, атома азота в положении 2 гетероцикла.

Исследовано формилирование муравьиной кислотой 4-амино-3-метилмеркато-5-оксо-6-*трет*-бутил-2H-1,2,4-триазина (III). Соединение (III) получено конденсацией калиевой соли триметилпировиноградной кислоты с тиокарбгидразидом в щелочной среде при кипячении с последующим метилированием иодистым метилом продукта конденсации в 1 N водном метанольном растворе едкого натра (соотношение метанол : вода, 1:1) при температуре 25° С. Продукт метилирования выпадает в осадок по мере прохождения реакции.

Кипячение соединения III с избытком муравьиной кислоты в отсутствие растворителя приводит к одновременному моноформилированию amino- группы и гидразиновой группы 1,2,4-триазинового цикла. Вследствие высокой реакционной способности полученного продукта формилирования, за счет внутримолекулярной атаки нуклеофила, в качестве которого выступает атом азота в положении 2 триазинового кольца, электрофильного центра формилгидразинопроизводного 1,2,4-триазина происходит замыкание нового цикла с элиминированием воды и образованием 2-оксо-1-формиламино-3-*трет*-бутил-1,2,4-триазоло[4,5-b]1,2,4-триазина (IV).

Строение синтезированных соединений установлено по совокупности данных элементного анализа, ИК- и ЯМР ¹H- спектроскопии.

ПОДЗЕМНАЯ КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ

Д.С.Королев, А.С. Стеценко, Л.С.Манжос

Подземная (почвенная, грунтовая) коррозия металлов является разновидностью электрохимической коррозии, протекающей в почвах и грунтах. Подземной коррозии подвергаются многие металлические конструкции: водо-, нефте- и газопроводы, канализационные системы, силовые кабели и кабели связи, опоры, сваи, баки, емкости и другие подземные сооружения.

Коррозионная активность почвы и грунта определяется их пористостью, влажностью, солевым составом и кислотностью, присутствием микроорганизмов.

Подземная коррозия, как правило, протекает с кислородной деполяризацией. Катодная реакция кислородной деполяризации ($O_2 + 4e^- + 2H_2O \rightarrow 4OH^-$) протекает в пленке почвенной влаги при своеобразных условиях доставки кислорода, заметно отличающихся от доставки кислорода к катоду в жидких электролитах. Многочисленными исследованиями показано, что во влажных почвах коррозия протекает преимущественно с катодным контролем, вызванным торможением процесса доставки кислорода к поверхности металла.

В очень кислых почвах возможен процесс коррозии с водородной деполяризацией. В таких почвах не исключаются и процессы восстановления, например, продуктов жизнедеятельности бактерий.

Неоднородная структура почвы может вызывать возникновение коррозионных пар, обусловленных различием доступа кислорода к различным участкам поверхности металла (неравномерная аэрация). Например, такие коррозионные пары могут возникать на границе раздела более пористой (песок) и менее пористой (глина) почвы. Разрушение металла протекает на тех участках, к которым затруднен доступ кислорода.

Подземная коррозия очень опасна, так как она часто приводит к местному разрушению металла в виде точек (питтинга), язв и раковин, которые образуются преимущественно в нижней части трубопровода.

Для защиты изделий от подземной коррозии используют электрохимические методы в сочетании с нанесением изолирующих (битумных, полимерных) многослойных покрытий, используют создание искусственной среды вокруг подземных металлоконструкций и специальные методы укладки.

Основной причиной высокой скорости коррозии подземных сооружений в промышленных районах являются блуждающие токи, стекающие в землю с некоторых токоносителей. Для борьбы с ними применяют методы, направленные на уменьшение утечки токов, дренажные установки, токоотводы и секционирование металлоконструкций.

УТИЛИЗАЦИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

И.Г.Воробьева, И.Ю.Бажина, В.В.Керусов

В общей массе токсичных отходов промышленного производства значительную часть составляют производные нефти. Нефть является одним из основных источников энергии и одним из главных сырьевых ресурсов промышленности. С другой стороны нефть и получаемые из нее нефтепродукты в конце технологического цикла превращаются в отходы.

Нефте содержащие отходы и загрязнения относятся к токсичным производственным отходам органического происхождения с возможными минеральными примесями. В основу их классификации положены такие категории, как теплота сгорания, происхождение, влажность осадков жидких нефтеотходов и загрязнений, их способность к механическому обезвреживанию. В связи с этим все нефтеотходы распределены на пять категорий:

- I – отходы безреагентной обработки нефтесодержащих сточных вод;
- II – отходы реагентной обработки нефтесодержащих сточных вод;
- III – отходы ЛВЖ и продуктов на их основе;
- IV – отходы трудноразделяемых нефтесодержащих органических жидкостей и паст;
- V – прямые (жидкие и полужидкие) нефтесодержащие отходы.

Рассмотрены основные методы утилизации нефтесодержащих отходов, к которым относится термическое обезвреживание, химическая и биологическая обработка, а также сжигание жидких нефтеотходов.

Метод химического обезвреживания позволяет полностью обезвреживать отходы, а полученные продукты использовать. В качестве реагентов используют оксиды щелочно-земельных металлов, предварительно обработанные ПАВ.

Технология биологической обработки заключается в смешивании загрязненной нефтепродуктами почвы с субстратом (микроорганизмами, разлагающими нефтепродукты). Этот способ позволяет восстановить свойства почвы на улицах, вдоль шоссе и магистралей в течение 1,5 месяцев.

Тяжелые остатки нефтепереработки (гудрон, асфальт, крекинг-остаток) подвергают коксованию. Это позволяет не только получать беззольный электродный кокс, но и увеличить выход светлых нефтепродуктов за счет расщепления высококипящих углеводородов коксуемых остатков.

Выход продуктов коксования (сырье-гудрон) составляет: кокс 14%, газойль 63%, бензин 12%, газ 10%.

Неутилизируемые нефтеотходы подвергают сжиганию, а полученную при этом тепловую энергию используют в бытовых целях.

КИНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Л.И.Марченко

Изучение кинетики кристаллизации связано с установлением зависимостей скоростей зародышеобразования и роста кристаллов от степени отклонения системы от состояния равновесия, температуры, химического состава, перемешивания и прочих факторов. В общем виде она может быть представлена двумя основными типами кривых $C - t$ (рис. 1). Одна из них соответствует кристаллизации при больших начальных пересыщенных, а другая – при умеренных и малых.

На кривой 2 ясно выражены отдельные участки: первый отвечает индукционному периоду, второй – быстрой кристаллизации, когда скорость изменения концентрации $\Delta c/\Delta t$ сравнительно невелика и происходит образование почти всего осадка. Третий участок на кривой соответствует снятию остаточного пересыщения и перекристаллизации.

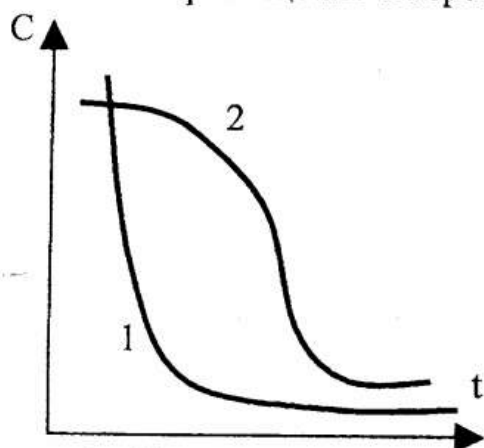


Рисунок 1 – Характер изменения концентрации раствора во времени в процессе кристаллизации: 1 – при значительных пересыщениях; 2 – при сравнительно невысоких пересыщениях

Индукционные периоды наблюдаются при кристаллизации практически любых веществ, их длительность может колебаться в широких пределах. Основным признаком индукционных периодов является постоянство концентрации. Установлено, что в это время происходит образование зародышей и их рост до кристалликов заметных размеров. Было выведено уравнение, отражающее зависимость длительности индукционного периода от пересыщения:

$$\lg t_{\text{ind}} = \frac{A \sigma^3 M^2}{\rho^2 T^3 \lg^2 \frac{C_H}{C_P}} - B.$$

где A и B – постоянные. Поскольку зависимость оказалась для ряда случаев некорректной, было предложено уравнение, отражающее связь между t_{ind} и коэффициентом пересыщения γ при $C_H/C_P > 1$:

$$\lg t_{\text{ind}} = A - n \cdot \lg \frac{C_H}{C_P}, \quad A = \lg \frac{\Delta C}{\gamma r_{\text{cp}}^3 K C_P^n},$$

где r_{cp} – средний линейный размер частиц, обуславливающий ΔC ; K и n – соответственно константа и порядок процесса образования зародышей.

При очень малых значениях пересыщений нельзя пренебрегать скоростью распада частиц, с учетом которого зависимость t_{ind} от пересыщения для $C_H \geq C_P$ приобретает вид:

$$\frac{1}{t_{\text{ind}}} = K_1 + K_2 \frac{C_H - C_P}{C_P}, \text{ где } K_1 = \frac{\gamma \rho r_{\text{cp}}^3}{\Delta C} \left[KC_P^n - \frac{K'}{C_P^m} \right]; K_2 = \frac{\gamma \rho r_{\text{cp}}^3 KC_P^n}{\Delta C}.$$

K' и m — соответственно константа и порядок процесса распада частиц.

Следует отметить, что до сих пор не предложено универсального уравнения, отражающего зависимость индукционного периода от кинетических параметров процесса кристаллизации, которое учитывало бы все многообразие факторов, влияющих на t_{ind} . Поэтому большинство исследователей устанавливают эту зависимость эмпирически, для отдельных частных случаев. К примеру, широко известно уравнение вида:

$$\lg t_{\text{ind}} = \lg A \frac{16 \pi V_0 \sigma^3 M^2}{2R^3 T^3 \rho^2} \cdot \frac{1}{\lg^2 C_H / C_P},$$

Образование зародышей может протекать как по гомогенному механизму, обусловленному флуктуациями плотности концентрации в пересыщенных растворах, так и по гетерогенному, при котором центром кристаллизации служат, к примеру, осколки, возникающие в результате механического разрушения уже сформированных кристаллов. При массовой кристаллизации из растворов, как правило, реализуются оба механизма.

В соответствии с моделью Гиббса—Фольмера—Вебера скорость гомогенной нуклеации I описывается уравнением

$$I = A \exp [B / \ln^2 S],$$

где $S = C/C_P$ — относительное пересыщение, A и B — кинетические параметры: $B = \beta \sigma^2 v / k^3 T^2$ (β — фактор формы, v — молярный объем, σ — поверхностное натяжение, k — постоянная Больцмана).

Модель гетерогенного зародышеобразования является составной частью общей теории массовой кристаллизации.

Следующий этап кристаллизации, которому отвечает второй участок кинетической кривой на рис. 1, связан с непосредственным образованием кристаллического осадка. Формально скорость кристаллизации может быть выражена уравнением:

$$-\frac{dC}{dt} = \frac{S}{V} K(C - C_P)^n.$$

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ СМЕСИТЕЛЕ

В.Я.Стороженко, А.С.Соляник

Ранее был разработан центробежный смеситель [1], позволяющий повысить качество смеси путем увеличения турбулентности движения и степени рециркуляции материала. Смеситель представляет собой корпус с крышкой, внутри которого на приводном валу закреплен конический ротор. В полости конического ротора параллельно его образующей установлен шнек с индивидуальным приводом, а в нижней части корпуса под ротором на приводном валу установлена разгрузочная лопасть.

По просьбе СМПО им. М.В. Фрунзе на кафедре была разработана модель лабораторного смесителя для смешивания сыпучих материалов и проведены исследования на реальных смесях (отходы цеха пластмасс).

После обработки данных эксперимента было получено уравнение, позволяющее определить запас материала в смесителе в зависимости от геометрических параметров:

$$V = 13 \cdot w_k^{-0,77} \cdot \alpha^{-0,60} \cdot l^{1,52} D_6^{1,3}, \text{ м}^3,$$

где w_k - частота вращения ротора, 1/с;

α - угол наклона образующей ротора, град.;

l - длина образующей ротора, м;

D_6 - диаметр большего основания ротора, м.

На основании ранее полученных данных [2], были рассчитаны энергетические затраты на перемешивание реальной смеси, а инженерная методика позволила произвести оптимизацию конструктивных и режимных параметров смесителя.

Разработанные чертежи полупромышленного аппарата переданы для разработки и изготовления на СМПО им. М.В. Фрунзе.

Смеситель позволит обеспечить получение качественной смеси при достаточно низкой металло- и энергоемкости.

1. Стороженко В.Я. и др. Центробежный смеситель. Авт. свид. № 586923 бюл. изобр. № 4, 1979.

2. Стороженко В.Я. Исследование энергетических затрат на перемешивание сыпучих материалов в центробежном смесителе с вращающимся турбулизатором. IV Всесоюзная конференция «Механика сыпучих материалов», Одесса, 1980. - 195 с.

К ВЫБОРУ СПОСОБА ХЕМОСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА ОТ КИСЛЫХ КОМПОНЕНТОВ

Е.А.Ступина, Я.Э.Михайловский

Часто углеводородные нефтяные и природные газы могут содержать в качестве примесей нежелательные кислые компоненты – диоксид углерода (CO_2), сероводород (H_2S), серооксид углерода (COS), сероуглерод (CS_2), меркаптаны (RSH), тиофены и др.

Некоторые из этих соединений способствуют коррозии металлов, отравляют катализаторы, снижая эффективность каталитических процессов, другие являются высокотоксичными веществами. В то же время, кислые компоненты, извлеченные при очистке углеводородных газов, могут использоваться в качестве сырья при производстве серы, серной кислоты и т. д.

Для очистки нефтяных и природных газов от кислых компонентов применяются процессы физической и химической абсорбции. Выбор способа очистки сводится к выбору абсорбента, так как от его специфических свойств зависит технологическая схема и технико-экономические показатели процесса.

При физической абсорбции очистка газов происходит в результате поглощения нежелательных компонентов неорганическими (вода, раствор поташа и др.) или органическими (пропиленкарбонат, диметиловый эфир полиэтиленгликоля, метанол и др.) растворителями.

Основные недостатки процессов физической абсорбции состоят в следующем: применяемые растворители относительно хорошо поглощают углеводороды; тонкая очистка газов обеспечивается после дополнительной доочистки алканоламиновыми растворителями.

При хемосорбции очистка газов происходит в результате химической реакции нежелательных компонентов с водными растворами алканоламинов: моноэтаноламина (МЭА), диэтаноламина (ДЭА), диизопропаноламина (ДИПА), дигликольамина (ДГА) и др.

Каждый из этих растворителей обладает определенными физико-химическими свойствами, влияющими на процесс очистки. Выбор абсорбента зависит от начального содержания примесей, требуемой степени очистки газа, а также необходимых технико-экономических показателей процесса (удельные расходы поглотителя, тепла и энергии на процесс очистки).

Алканоламиновые растворители обеспечивают тонкую очистку газов от сероводорода и диоксида углерода при незначительном поглощении углеводородов. Основные недостатки процессов хемосорбции состоят в следующем: не достигается комплексная очистка газов от CO_2 , H_2S , COS , CS_2 , RSH ; с некоторыми растворителями образуются нерегенерируемые химические соединения; необходима высокая кратность циркуляции абсорбента.

При низких парциальных давлениях кислых компонентов поглотительная способность алканоламиновых абсорбентов возрастает по отношению к CO_2 и H_2S , при этом физическая абсорбция сопровождается хемосорбцией.

ПРЕДПОСЫЛКИ К ОПТИМИЗАЦИОННОМУ РАСЧЕТУ ПРОЦЕССА ХЕМОСОРБЦИИ ПРИ ОЧИСТКЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА ОТ КИСЛЫХ КОМПОНЕНТОВ

Е.А. Ступина, Я.Э. Михайловский

Обеспечение необходимой производительности абсорбционной колонны по исходной углеводородной газовой смеси и степени ее очистки от кислых компонентов зависит от различных факторов, таких как давление в аппарате, температура проведения процесса, физико-химические свойства подаваемого абсорбента, его концентрация и массовый расход, эффективность массообменного и химического взаимодействия фаз.

При проектировании аппаратов для хемосорбционной очистки углеводородного газа от нежелательных примесей при прочих равных условиях необходимо обеспечить максимальное значение коэффициента массопередачи, а также высокие скорости химических реакций между газовой и жидкой фазами, что позволит уменьшить необходимую поверхность контакта фаз и повлечет за собой уменьшение габаритных размеров аппарата и затрат на его изготовление.

Однако изменение некоторых параметров оказывает неоднозначное влияние как на сам процесс хемосорбционной очистки, так и на общие затраты на его осуществление. Например, понижение температуры ведет к возрастанию растворимости газовых компонентов, но в то же время может снизиться скорость химического взаимодействия между фазами; повышение давления в аппарате приводит к ускорению процесса хемосорбции, но с другой стороны увеличиваются затраты энергии на сжатие газа.

Сущность оптимизационного расчета процесса хемосорбции при очистке углеводородного газа от кислых компонентов заключается, таким образом, в сравнительном анализе влияния различных факторов на процесс. Критерием оптимальности для выбора режима процесса очистки и аппарата для его проведения является стоимостной критерий, который подразумевает минимизацию суммарных затрат, включающих в себя затраты на изготовление аппарата, на абсорбент и эксплуатационные затраты.

Для проведения оптимизационного расчета процесса хемосорбции разработан алгоритм, включающий следующие основные этапы: 1) ввод исходных данных (расход и состав поступающей углеводородной смеси, степень ее очистки); 2) ввод технологических параметров процесса (давление, температура и диапазон их изменения, состав регенерированного абсорбента и степень его насыщения); 3) определение физико-химических свойств взаимодействующих фаз; 4) определение материальных и энергетических потоков; 5) определение диаметра колонны и проверка работоспособности тарелок; 6) расчет констант химического равновесия и коэффициентов массоотдачи и массопередачи; 7) определение количества тарелок и высоты колонны; 8) определение затрат на проведение процесса; 9) изменение технологических параметров и возврат к пункту 3; 10) выбор оптимального варианта.

ОПТИМИЗАЦИОННЫЙ РАСЧЕТ ПРОЦЕССА АБСОРБЦИИ СО СТУПЕНЧАТЫМ ОТВОДОМ ТЕПЛА

Л.Г.Кирный, Е.А.Яворская

В химической и смежных отраслях промышленности широко используются тарельчатые абсорбционные аппараты. Процессы, протекающие в абсорбционной системе, сопровождаются выделением тепла, количественно зависящего от вида поглощаемого компонента. Выделение тепла при абсорбции ведет к нарушению изотермичности процесса, т.е. к изменению в процессе абсорбции температур газа и жидкости. В результате изменяется положение линии равновесия, так как равновесная концентрация газовой фазы является функцией не только концентрации жидкости, но и ее температуры. При повышении температуры линия равновесия сдвигается вверх, а это приводит к уменьшению движущей силы процесса. В виду разности температур между жидкостью и газом в аппарате наряду с массообменом протекает также процесс теплообмена между фазами, что делает невозможным определение параметров процесса по кривой равновесия.

Отвод тепла, выделяющегося при абсорбции, может производиться охлаждением жидкости в выносных холодильниках, путем внутреннего охлаждения абсорбента или за счет испарения части поглотителя. Охлаждение в выносных холодильниках широко применяется на практике, однако этот способ отвода тепла нельзя считать наилучшим, т.к. он обычно требует больших энергетических затрат на перекачивание жидкости. Более целесообразным следует считать использование внутреннего охлаждения.

Разработана математическая модель расчета процесса абсорбции от тарелки к тарелке со ступенчатым отводом тепла. Данный расчет весьма сложен и кропотлив, т.к. необходимо рассчитать целый ряд технологических параметров и затем выбрать лучший из вариантов конструкции аппаратов, что затрудняется без использования ЭВМ.

Математическое описание тепло- и массообменных процессов переноса в тарельчатом аппарате, основано на физико-химических свойствах газовой смеси и включает расчет барботажного слоя, межтарельчатого пространства, также определяется изменение парциального давления компонентов газовой смеси и константы равновесия, рассчитывается тепловой баланс тарелок и эффективность каждой тарелки. Требуемый температурный режим обеспечивается перебором параметров в заданном диапазоне температур.

Разработана блок-схема и алгоритм расчета абсорбции со ступенчатым отводом тепла. Критерием оптимальности для выбора абсорбционного оборудования со ступенчатым отводом тепла является минимум приведенных затрат на изготовление, энергетические затраты, затраты на охлаждающий агент.

В качестве примера оптимизационного расчета выполнен сравнительный анализ возможных вариантов проведения процесса абсорбции нитрозных газов в аппарате с ситчатыми тарелками, определен оптимальный температурный режим процесса, найдены оптимальные размеры аппарата (высота, диаметр колонны, количество тарелок и др. конструктивные параметры).

ПРИМЕНЕНИЕ ИНЕРЦИОННО-ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕПАРАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В.И.Склабинский, А.А.Ляпощенко, М.В.Жерноклева

Сепарационное оборудование является обязательным элементом любой из технологических схем промысловой подготовки нефти и газа на нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождениях, а также составной частью нефтегазопромыслового оборудования в процессах переработки газового конденсата, компримирования газа и его охлаждения на заключительной стадии эксплуатации месторождения, предварительной ступенью отделения газа от жидкости на компрессорных станциях магистральных нефте- и газопроводов. Традиционно применяемые гравитационные и инерционные сепараторы обеспечивают грубую очистку нефтяных попутных и природных газов от механических примесей и капельной жидкости. С целью повышения эффективности сепарации целесообразно оборудование газосепараторов фильтрующей секцией, служащей для улавливания мелкодисперсной (0,3-5 мкм) составляющей.

Дисперсный состав тумана на входе в сепаратор подчиняется логарифмически-нормальному закону распределения:

$$n(R) = \frac{n_0 R_1}{\sigma_1 R} \exp\left(-\frac{\ln^2(R/R_1)}{2\sigma_1^2}\right), \quad (1)$$

$$n_0 = 3w \exp(-2,5\sigma_1^2) / 4\pi\sqrt{2\pi} R_c^4, \quad (2)$$

$$R_1 = R_c \exp(-0,5\sigma_1^2), \quad (3)$$

где $n(R)$ – плотность вероятности случайной величины R ; w – объемное содержание жидкой фазы; R_c – средний радиус капель; σ_1^2 – дисперсия распределения.

В криволинейных сепарационных каналах жалюзийного туманоуловителя улавливаются все капли с $R > R_m$, а также часть капель в интервале $0 < R < R_m$. В слое фильтрующего материала, которым оборудованы стенки криволинейных сепарационных каналов в местах впадин гофрированных пластин, от распределения капель отсекается дополнительная часть, представляющая собой высокодисперсную составляющую смеси. Кроме того, установкой желобов, регулируемых по высоте расположения, и применением двойных гофрированных пластин, достигается ступенчатый отвод улавливаемой жидкости из слоя фильтрующего материала, по мере полного насыщения его поперечного сечения, через щелеобразные отверстия в закрытые от газового потока дренажные каналы, что исключает выход устройства на режимы захлебывания и вторичный унос, а также предполагает стабильный сток улавливаемой жидкости в виде пленки. На выходе из сепаратора остается незначительная часть распределения капель с $0 < R < R_{m1}$, причем введение минимального радиуса капель R_{m1} , определяемого типом фильтрующего элемента, в настоящий момент является условным.

Коэффициент эффективности инерционно-фильтрующего туманоуловителя η :

$$\eta = \eta_1 + \eta_2(1 - \eta_1), \quad (4)$$

где η_1 , η_2 – коэффициенты эффективности инерционной и фильтрующей секций соответственно.

Промышленное внедрение предложенных конструкций высокоэффективного инерционно-фильтрующего сепарационного оборудования проведено на ОАО "УКРНЕФТЬ" Качановском газоперерабатывающем заводе в технологической схеме IV степени сжатия дожимной компрессорной станции.

УМЕНЬШЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭТИЛОВОГО СПИРТА

В.И.Склабинский, В.А.Смирнов, А.П.Москальчук

Основная задача технического процесса спиртовой и ликероводочной промышленности — максимальная интенсификация производства, значительное увеличение выхода продукции за счет энергосбережения и сокращения потерь.

Одним из путей увеличения выхода спирта является уменьшение выхода побочных продуктов за счет их максимального концентрирования.

В Киевском технологическом институте пищевой промышленности под руководством профессора Цыганкова П.С. разработана установка позволяющая снизить выход эфир альдегидной фракции (ЭАФ) до 0,2–0,25%, для этой цели типовая брагоректификационная установка дополнительно снабжалась специальной разгонной колонной. Разработка такой схемы явилась первым и очень важным шагом в увеличении выхода спирта без дополнительной затраты пищевого сырья. Однако данная установка работает после накопления необходимого количества ЭАФ и требует включения в схему дополнительной разгонной колонны, что ведет к значительному увеличению расхода котельного пара. Данная технологическая схема реализована на Наумовском спиртовом заводе.

В связи с повышением выхода этилового спирта авторы предложили изменить технологическую схему действующего производства с введением дополнительной колонны меньшего по габаритным размерам и способу включения, чем в действующем производстве, которая будет выполнять функции разгонной в режиме непрерывной ректификации. Это позволит снизить затраты на переработку.

Для получения качественного продукта и переработки накопившейся эфир альдегидной фракции, дополнительные затраты на закупку газа, за 40 дней работы на год в таком режиме, составляет 126800 грн. за год, экономия 70 % от этой суммы составляет 88256 грн. на год.

Предлагаемая колонна оснащена регулярной насадкой оригинальной конструкции. Для исследования гидродинамики и эффективности данной насадки на кафедре ПОХНП был создан лабораторный стенд. В режиме без гидроселекции и бесконечной флегмы исследуемая колонна обеспечивает высоту эквивалентную теоретической тарелке менее 150 мм. Выход конечного продукта отвечает необходимым требованиям.

Стенд включает насадочную колонну из двух царг, оснащенную технологическими патрубками, карманами и отводами для проб состава и гильзами для замера температур. Колонна установлена на куб, снабженный змеевиком для подогрева. В качестве дефлегматора используется кожухотрубчатый полный конденсатор.

РАЗРАБОТКА ГРАНУЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МАЛОТОНАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА ГРАНУЛИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ

В.М.Маренок, В.И.Склабинский

Обычно в крупнотоннажных производствах гранулированных продуктов из расплавов и растворов, широко применяется грануляционное оборудование башенного и барабанного типа. Это оборудование имеет высокую удельную производительность, но в то же время оно обладает недостатками, которые делают его применение в малотоннажных производствах неэффективным или практически невозможным. К таким недостаткам можно отнести сравнительно большие габариты, высокую стоимость, высокие эксплуатационные расходы, сложность в обслуживании и т.д. Поэтому возникает необходимость в создании нового типа грануляторов, которые бы позволили повысить эффективность производства и снизить себестоимость продукции в малотоннажных производствах.

Одним из новых направлений в технике гранулирования является создание грануляторов с псевдоожиженным слоем. Эти аппараты привлекают внимание промышленности в связи с большой интенсивностью процессов гранулирования, сравнительно небольшими габаритами и, соответственно, низкой себестоимостью. Эти и другие качества грануляторов псевдоожиженного слоя позволяют применить их в малотоннажных производствах гранулированных продуктов.

Предложен новый тип гранулятора псевдоожиженного слоя – вихревой гранулятор. Основным отличием вихревого гранулятора является то, что псевдоожижение происходит в вихревом восходящем потоке газа. Это позволяет интенсифицировать процессы, происходящие в грануляторе и, соответственно, уменьшить его габариты, сравнительно с обычным гранулятором псевдоожиженного слоя. Также эта особенность вихревого гранулятора позволяет применить его при безбашенном способе производства пористой аммиачной селитры. Важным фактором, повышающим эффективность вихревого гранулятора, является возможность организации внутренней циркуляции ретура. При этом происходит внутренняя предварительная классификация получаемого продукта, что позволяет отказаться от вспомогательного оборудования необходимого для классификации продукта и рециркуляции ретура.

К недостаткам грануляторов псевдоожиженного слоя можно отнести сложность регулировки, низкую стабильность взвешенного слоя, сравнительно высокий расход псевдоожижающего агента. Но эти недостатки не могут перекрыть те преимущества, которые имеют место при применении грануляторов псевдоожиженного слоя в малотоннажных производствах.

ВЫБОР СПОСОБА ГРАНУЛИРОВАНИЯ ПОРИСТОЙ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ

Н.А.Кочергин, В.И.Склабинский

Существующие промышленные способы получения пористой аммиачной селитры, а также способы, описанные в ряде патентов, можно разделить на следующие основные группы:

- способы, основанные на добавлении к аммиачной селитре различных порообразующих или поверхностно-активных веществ;
- способы, основанные на сушке гранул аммиачной селитры с повышенным содержанием влаги.

Основными показателями качества пористой аммиачной селитры являются ее масловбираемость, прочность и маслоудерживающая способность. Получение пористой аммиачной селитры традиционным башенным способом не позволяет в достаточной мере влиять на структуру получаемой гранулы. Вследствие чего качество продукта не соответствует требованиям стандартов.

В настоящее время на Украине отсутствуют производства, выпускающие пористую аммиачную селитру.

Ведущие зарубежные предприятия по выпуску азотных минеральных удобрений освоили выпуск продукта, имеющего высокие качественные показатели. Для получения такого продукта в качестве оборудования используются аппараты псевдооживленного слоя ("кипящие" и "фонтанирующие" слои; фирмы "Toyo Engineering Corp" (ТЕС), "Mitsui Toatsu Chemical Inc." (МТС) и др.) и аппараты окатывания (тарельчатые, барабанные грануляторы; фирмы "Norsk Hydro", TVA, "Kaltenbach – Thuring SA"). Для получения высокого качества продукта используются новые технологические принципы, позволяющие формировать структуру гранулы в процессе ее формирования, чего не может обеспечить башенный метод.

Разработанная конструкция гранулятора, в Сумском государственном университете, позволит не только получать гранулы заданной структуры, но и проводить классификацию гранул по размеру. В основу гранулятора положен способ гранулирования из расплавов, растворов и суспензий основанный на усовершенствовании динамики движения потока гранул, что обеспечивает увеличение монодисперстности гранул, которые растут в вихревом слое, и однородности гранулометрического состава готового продукта. Новая организация потоков, распыливания расплава или суспензии в таких потоках еще не изучена.

Задачей настоящей работы является изучение влияния термодинамических и гидродинамических условий на структуру получаемых гранул, поиск путей управления структурой гранул за счет подбора термодинамических и гидродинамических режимов в рабочей зоне гранулятора.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ И СУШКИ АММОФОСА В АППАРАТЕ БГС

А.П.Врагов, С.А.Соколович

Барабанные грануляторы - сушилки (БГС), применяемые для одновременного гранулирования и сушки сложных минеральных удобрений, получили широкое распространение благодаря высокой эффективности и экономичности проводимого процесса, простоте технологической схемы, возможности переработки пульп с различным содержанием твердого вещества.

Процесс получения гранулированных минеральных удобрений из пульп, применяемый в аппаратах БГС, имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами: простота регулирования производственного процесса, возможность широкого варьирования состава получаемых удобрений, сравнительную однородность гранул по размеру и форме.

На процесс гранулирования и сушки в аппаратах БГС оказывают влияние физико-химические свойства гранулируемой пульпы, геометрия и дисперсность факела распыла, плотность орошения, равномерность распределения пульпы по сечению факела, кратность подачи ретура, качество завесы гранулируемого материала, температура топочных газов. К сожалению, при эксплуатации аппаратов БГС возникают трудности с получением однородного продукта с заданным размером гранул в узком диапазоне (2-4 мм), процесс гранулирования практически неуправляем.

Целью данной работы является разработка математической модели процесса гранулирования и сушки в аппарате БГС, позволяющей методом счетного эксперимента подобрать режим работы аппарата, обеспечивающий требуемый гранулометрический состав при заданной производительности. Предлагается ввести в БГС дополнительную форсунку для распыления пульпы и получить две зоны гранулообразования в одном аппарате. Разработана блок-схема расчета процесса гранулирования и сушки в аппарате БГС с учетом распыления пульпы в двух зонах. Это позволяет, не изменяя общего количества пульпы, подаваемой в аппарат, оказывать влияние на процесс роста гранул путем изменения соотношения расходов пульпы на каждую форсунку.

В составленной блок-схеме моделирования и расчета процесса исходными величинами являются влагосодержание пульпы и готового продукта, диапазон размеров гранул товарной фракции, производительность аппарата. Расчет числа гранул, растущих в аппарате, выполнен на основе допущения о «чистом росте». Произведен анализ гранулометрического состава продукта на выходе из каждой зоны орошения при различных соотношениях подачи пульпы на каждую форсунку. В зависимости от соотношения потоков пульпы расчетом определяется распределение температуры газов и распределение размеров растущих гранул по длине барабана.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГРАНУЛЯЦИИ И СУШКИ АММОФОСА В ВЕРТИКАЛЬНО-СЕКЦИОНИРОВАННОМ АППАРАТЕ КИПЯЩЕГО СЛОЯ

А.П.Врагов, С.В.Дудка

Для получения гранулированных продуктов из растворов и пульп наиболее перспективным является гранулятор – сушилка кипящего слоя вертикально-секционированный (ГСКСВС). Этот аппарат, при сравнительно невысокой металло- и энергоемкости, позволяет получать одно- и многокомпонентные гранулированные продукты однородного гранулометрического состава, регулировать параметры процесса и размеры гранул по секциям.

Специфическим отличием вертикально-секционированного аппарата является возможность распределение по секциям как вида гранулируемого вещества, так и количества распыляемой пульпы. В верхнюю секцию аппарата вводятся ретурные частицы гранулируемого продукта, на которые затем распыляется пульпа вещества, при высыхании которой происходит рост гранул. Дисперсия распределения размеров гранул в объеме кипящего слоя верхней секции будет более равномерной, чем в односекционном грануляторе - сушилке. Минимальная дисперсия достигается при увеличении времени пребывания материала в каждой последующей секции, число которых, при среднеквадратичной точности поддержания нагрузок порядка 5%, целесообразно выбирать более трех. В моделируемом двухсекционном аппарате предложено в первой секции получать гранулы промежуточного размера, а во второй доводить их до товарного размера, изменяя режим гранулирования.

Для математического описания процессов, проходящих в аппарате, составлена развернутая система уравнений материальных и тепловых балансов процессов гранулирования и сушки. Программа расчета включает блоки вычислений размеров растущих гранул, оптимальное распределение подаваемой пульпы по секциям, приемлемые температурные режимы и диаметр гранул на выходе из каждой секции. Предусмотрена возможность дополнительного подвода теплоносителя в верхнюю секцию. Геометрические размеры секции (диаметр и высота) определяются в зависимости от времени роста гранул в объеме кипящего слоя секции. В расчетах используются гидродинамические зависимости, определяющие скорость потока теплоносителя, а также уравнения тепло - и массопереноса с учетом диаметра получаемых гранул.

На основе математического описания процесса гранулирования и сушки разработан алгоритм оптимизационного расчета аппарата, обеспечивающий вычисление основных технологических и конструктивных параметров. Оптимизация параметров процесса и размеров аппарата реализуется по стоимостному показателю расхода природного газа, как одного из дорогостоящих видов сырья, а также материалоемкости конструкции.

КРИСТАЛЛИЗАЦИОННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КРУПНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СУЛЬФАТА ЖЕЛЕЗА В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИГМЕНТНОЙ ДВУОКСИ ТИТАНА

А.П.Врагов, А.П.Шипик

В существующем на ОАО «СумыХимпром» производстве пигментной двуокиси титана по серноокислотной технологии для очистки растворов сульфата титана от растворенного в них сульфата железа используют проточную 5-ти ступенчатую вакуум-кристаллизационную установку емкостного типа. Эта установка не обеспечивает достаточно полного выделения сульфата железа в кристаллическую фазу, не позволяет укрупнить кристаллы, соответственно при центрифугировании пульпы не полностью отделяются мелкие кристаллы, что ухудшает качество готового продукта.

Предлагается в существующем производстве применить вакуум-кристаллизационную установку (ВКУ) периодического действия с внутренним циркуляционным устройством, что позволит управлять процессом кристаллизации, увеличить крупность получаемых кристаллов сульфата железа, более полно отделять их при центрифугировании и тем самым повысить качество получаемой пигментной двуокиси титана.

Перед подачей в ВКУ раствор доводится до состояния насыщения в вакуум-испарителе (температура насыщения 31-35 °С). Затем раствор подается в кристаллизатор, где происходит кристаллизация сульфата железа за счет испарения воды из раствора под вакуумом. Для избежания избыточного зародышеобразования и получения мелких кристаллов, процесс кристаллизации проводится в несколько стадий (под разным разрежением). Вакуум в системе регулируется путем изменения расхода пара на эжектор.

Перемешивание осуществляется пропеллерной мешалкой, при этом обеспечивается подвод пересыщенного раствора из верхней зоны испарения в нижнюю секцию кристаллизатора, а также растворение новых центров кристаллизации. Параметры работы перемешивающего устройства – низкооборотной пропеллерной мешалки – определяются в зависимости от оптимальной порозности, зависящей от размера производционных кристаллов.

На геометрические размеры кристаллизатора оказывает непосредственное влияние время кристаллизации, зависящее от требуемых размеров производционных кристаллов. Следовательно, для расчета ВКУ необходимо произвести оптимизационные расчеты процесса кристаллизации.

Для увеличения скорости слива суспензии из кристаллизатора и избежания измельчения кристаллов используется жидкостный эжектор.

Использование предлагаемой технологии позволит управлять процессом кристаллизации, увеличить размер кристаллов сульфата железа и тем самым более полно отделить их из растворов, что в конечном итоге повысит качество производимой пигментной двуокиси титана.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ГРАНУЛЯЦИИ МИНЕРАЛЬНЫХ СОЛЕЙ И УДОБРЕНИЙ В АППАРАТАХ СО ВЗВЕШЕННЫМ СЛОЕМ ЧАСТИЦ

А.П.Врагов

Математическое моделирование химико-технологических процессов с применением ПЭВМ является одним из активных методов исследования влияния многофакторных параметров на скорость процесса. На основе математического моделирования создается программа расчета, которая в определенной мере позволяет отказаться от исследования процесса в натурном эксперименте и заменить его вычислительным экспериментированием с применением ПЭВМ. Использование ПЭВМ в исследованиях математической модели процесса в значительной мере сокращает затраты, связанные с разработкой, изготовлением и проведением экспериментальных исследований и сокращает время на выполнение экспериментальных исследований.

Математическое моделирование процессов кристаллизации и грануляции удобрений из растворов – процессов во многом схожих – с применением аппаратов кипящего слоя (КС) развивается на кафедре ПОХНП на протяжении более 30 лет в направлении создания программ для расчета и проектирования аппаратов КС большой единичной производительности.

Исследования процессов кристаллизации солей из растворов в классифицирующих кристаллизаторах с целью получения однородного крупнокристаллического продукта позволило разработать модель непрерывного противоточного движения потока пересыщенного раствора и дисперсной твердой фазы растущих кристаллов. На базе этой модели был разработан метод пофракционного расчета классифицирующих кристаллизаторов цилиндрической и цилиндроконической формы.

Математическая модель процесса кристаллизации из растворов в классифицирующем кристаллизаторе включает несколько блоков:

- блок вычислений параметров физико-химических свойств раствора в рабочих условиях процесса;
- блок вычислений параметров гидродинамики процесса в нижней (продукционной) секции кристаллизатора с целью выбора циркуляционного насоса и определения диаметра кристаллизатора;
- блок вычислений параметров оптимального массообменного взаимодействия витающих кристаллов в зависимости от их размера и порозности слоя с целью определения объема и высоты взвешенного слоя каждой монофракции зерен. В качестве параметра оптимизации был выбран максимально достижимый в процессе объемный коэффициент массопередачи;
- блок вычислений высоты взвешенного слоя кристаллов и определения окончательных размеров кристаллорастителя.

Исследования процессов получения гранулированных удобрений из растворов и пульп в аппаратах типа распылительная кипящего слоя грануля-

тор - сушилка (РКСГС) направлены на разработку методики расчета горизонтально и вертикально секционированных аппаратов КС для постадийного разрачивания гранул за счет выделения твердого вещества из раствора (пульпы) при их высыхании на поверхности витающих частиц.

Разрабатываются два типа моделей аппаратов РКСГС с вводом внешнего ретурра: аппарат с горизонтальным секционированием и аппарат с вертикальным секционированием рабочего объема гранулятора – сушилки.

В аппарате с горизонтальным секционированием принята модель продольного течения частиц с распыляемым над ними раствором (пульпой), которые при высыхании на поверхности частиц обеспечивают их рост. Необходимое для проведения процесса сушки тепло подводится снизу с нагретыми газами, подаваемыми под газораспределительную решетку.

На первоначальных этапах математического моделирования применяется модель “чистого роста”, в которой по мере роста частицы перетекают в следующие секции и отводятся из сушилки с первоначально заданным размером гранул. В этой модели не учитываются процессы агломерации и дробления частиц, в дальнейшем эти процессы предполагается учесть.

В аппарате с вертикальным секционированием применяется модель “чистого роста” частиц с промежуточным подводом тепла под распределительную решетку каждой секции с целью поддержания равномерного температурного режима процесса сушки.

Математическая модель процесса гранулирования и сушки в вертикально секционированном аппарате составлена примерно по схеме, аналогичной с моделью процесса кристаллизации, но в ней присутствует значительно больше переменных факторов, связанных с распределением потока раствора по секциям, с изменением температуры гранул и газового потока в кипящем слое, а также условиями гидродинамики, тепло- и массообмена в КС, перетекания частиц между секциями. Целью моделирования процесса и аппарата типа РКСГС является разработка методики расчета секционированных аппаратов КС и определение параметров процесса по секциям, обеспечивающих стабильное протекание процесса: распределение потока раствора (пульпы); поддержание необходимых гидродинамических условий в секции (скорости потока и температуры газа); обеспечение необходимой скорости сушки и времени пребывания гранул (время роста) в объеме кипящего слоя; определение объема и массы гранул в каждой секции. Условием оптимизации процесса гранулирования и сушки является условие минимума общих энергетических затрат на реализацию процесса (минимального расхода горючего газа и воздуха при минимальной температуре отводимых из аппарата газов).

В разработке математических моделей процесса кристаллизации из растворов принимали участие 3 аспиранта и 2 магистра, процесса грануляции и сушки — 1 аспирант и 5 магистров. Объем вычислительного эксперимента чрезвычайно большой и здесь предстоит еще очень много работы.

ВЫБОР КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С.М.Яхненко

подавляющее большинство насосных агрегатов, применяемых в химической, нефтеперерабатывающей промышленности, коммунальном хозяйстве и агропромышленном секторе, созданы на основе динамических насосов центробежного типа. Среди них основное место занимают консольные горизонтальные насосы для перекачивания одно- и многофазных сред. Условия эксплуатации динамических насосов значительно различаются в зависимости от физико-химических свойств перекачиваемой жидкости, среди которых важнейшими и определяющими конструкцию насоса и материал его основных узлов и деталей являются: химическая активность (рН), вязкость, плотность и температура перекачиваемой жидкости, температура кристаллизации, токсичность, концентрация взвешенных твердых частиц, их твердость и максимальный линейный размер, а также наличие растворимого и нерастворимого газа, наличие длиноволокнистых примесей и др.

Все многообразие перекачиваемых сред динамическими насосами можно классифицировать по трем основным признакам: фазовому составу и температур несущей жидкости и ее физической активности. Нужно учитывать, что несущая жидкость в зависимости от фазового состава, может быть холодной и горячей, химически нейтральной и химически активной. Известно, что температура перекачиваемой среды и ее химическая активность влияют на конструктивное исполнение собственно насосного агрегата и выбор материала для его изготовления, а не на конструктивную схему проточной части (ПЧ).

Для насосов, перекачивающих двухфазные жидкости, выбор типа отвода дополнительно зависит от максимального линейного размера перекачиваемого продукта. Размер перекачиваемого продукта диктует выбор зазора между языком отвода и рабочим колесом, чем во многом и определяется выбор типа отвода. Этот критерий выбора отвода особенно важен в насосах малой и средней производительности (до 200 м³/ч), но иногда он определяет конструкцию отвода и у насосов большой производительности. Таким образом, выбор геометрии ПЧ рассматриваемых насосов взаимосвязан с размерами находящихся в перекачиваемой среде твердых частиц, которые соответствующим образом классифицируются. Из всех типов отводов, применяющихся для перекачивания одно и двухфазных, наиболее экономичным является спиральный тип отвода. Применение спирального отвода в насосах, перекачивающих однородные жидкости, регламентируется стандартом ISO 2858-75.

Анализ особенностей геометрии проточных частей динамических насосов показывает, что для каждого вида перекачиваемой среды существует своя оптимальная конструктивная схема ПЧ насоса, которая позволяет наиболее полно удовлетворить эксплуатационным требованиям.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИИ ОХЛАЖДЕНИЯ

Н.П.Юхименко

Охлаждение кусковых и зернистых продуктов есть одной из основных технологических стадий их производства и переработки с целью сохранения качества и лучшего сохранения. Наравне с очевидными преимуществами, конвективное охлаждение характеризуется значительными выбросами отработанного хладагента и соответственно увеличенными энергозатратами. Для очистки значительного количества отработанного хладагента нужны многоступенчатые и энергоемкие системы.

Задачей данной работы являются аналитические исследования кинетики конвективного охлаждения кусковых и зернистых продуктов с целью уменьшения количественных и энергетических затрат хладагента, которые проводились путем решения дифференциального уравнения теплопроводности

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a_{\tau} \left(\frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2} + \frac{\Gamma}{x} \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} \right)$$

Расчеты по определению среднеобъемной температуры частиц и продолжительности процесса их охлаждения проводились на ЭВМ с использованием языка программирования Turbo Pascal версии 7.0.

Результатами данных расчетов являются следующие положения:

- полное непрерывное охлаждение продуктов при повышенных скоростях хладагента приводит к увеличению его количественных и энергетических затрат. При этом энергозатраты на работу напорных вентиляторов увеличиваются в 2 раза, соответственно возрастают выбросы отработанного воздуха в окружающую среду, загрязняющие его;

- ступенчатое охлаждение продуктов предусматривает проведение процесса в две стадии: первая – это интенсивное охлаждение при высоких (но оптимальных для конкретных видов продукта) скоростях хладагента до момента достижения поверхности частиц критической температуры, вторая – это выдерживание продукта при незначительных скоростях хладагента (близких к естественной конвекции) до полного выравнивания температуры по объему материала;

- продолжительность процесса выравнивания температуры по объему частиц (вторая стадия) составляет 10-20% от общей продолжительности процесса охлаждения. Продолжительность ступенчатого процесса охлаждения на 30 % меньше продолжительности непрерывного процесса.

Таким образом, аналитические исследования доказывают целесообразность использования двухстадийного процесса охлаждения, который сокращает продолжительность технологической операции, уменьшает энергозатраты на ее проведение и количество выбросов загрязненного воздуха.

УЧЕТ АСПЕКТОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ГРАНУЛЯТОРОВ ПЛАВА НА АГРЕГАТАХ АС-67

Н.П.Коионенко, В.Н.Покотыло, В.А.Осипов

На протяжении последних десятилетий формирование промышленного комплекса Украины основывалось на наличии доступных и относительно дешевых источников энергии. Поэтому развитие производства, в том числе и химических предприятий, в области энергопотребления шло экстенсивным путем. Энергоемкость продукции действующих производств в 1,4-3,0 раза выше, чем на аналогичных производствах в странах Европейского союза.

Одним из направлений повышения энергоэффективности производств является улучшение качественных показателей работы оборудования действующих производств. Это направление было выбрано в лаборатории грануляционного и массообменного оборудования Сумского государственного университета при создании грануляторов плава для многотоннажных агрегатов производства аммиачной селитры АС-67.

Эксплуатируемые в настоящее время на агрегатах АС-67 грануляторы конструкции НИИХИММАШ не позволяют получить продукт хорошего качества. Вибрационная система этих 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 что ухудшает качество продукта.

Разработанная в ЛГМО СумДУ модификация вращающегося вибрационного гранулятора плава аммиачной селитры для агрегатов АС-67 обеспечивает производительность 22-40 т/ч, при этом фракция гранул 2,2-3,2 мм - не менее 95 %. Фракция гранул менее 1 мм - не более 1%. Получение гранул такого фракционного состава дает возможность снизить потери вследствие уменьшения количества продукта, поступающего на повторную переработку (растворение гранул фракции более 4 мм), и снизить как содержание пыли в готовом продукте, так и ее выбросы в атмосферу (часть гранул фракции менее 1 мм).

Проведенный нами энергомониторинг показывает высокую энергоэффективность приведенных предложений, реализация которых позволяет снизить удельные затраты энергоносителей на тонну получаемой продукции на 0,5-2,4%. Наряду с этим, они приносят также экологические выгоды (связанные с уменьшением отрицательного воздействия на местную и глобальную экологию), производственные (связанные с эффективной работой предприятия в целом, улучшением качества продукции) и финансовые выгоды.

На агрегатах аммиачной селитры мощностью 400 тыс. тонн в год за счет снижения энергозатрат на непроизводительные потери и повторную переработку удается экономить 0,5-1,8 млн. гривен в год.

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УЗЛА АБСОРБЦИИ ОТРАБОТАННЫХ СУШИЛЬНЫХ ГАЗОВ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ЦЕХА С ВЫПУСКА АММОФОСА НА ВЫПУСК ДИАММОНИЙФОСФАТА

*Э.А.Карпович, А.В.Силч, А.А.Козельская
(ГосНИИ МИНДИП, г.Сумы)*

В связи с планированием выпуска диаммонийфосфата в цехе аммофоса ГАК «ТИТАН» встал вопрос о необходимости реконструкции узла абсорбции отработанных сушильных газов, так как ожидается повышение в них содержания аммиака в 10-15 раз.

Для обоснования реконструкции решено было проверить потенциальные возможности существующей системы очистки газов. При проведении промышленных испытаний поддерживали такие параметры технологии, которые гарантируют повышение нагрузки системы абсорбции по аммиаку.

Обследование работы системы абсорбции было проведено в условиях специального повышения концентрации аммиака в отходящих газах. Моделировалась ситуация работы абсорбера при производстве диаммонийфосфата.

Модельная ситуация создавалась путем повышения рН пульпы аммофоса с 4 до 5-7 с последующей переработкой полученной пульпы при температурном режиме в аппарате БГС, характерном для получения аммофоса.

К моменту проведения обследования работа системы АПС осуществлялась следующим образом. Отработанные газы, загрязненные пылью продукта, аммиаком и соединениями фтора, отсасываются из аппарата БГС вентилятором через наклонный орошаемый газоход, абсорбер АПС и направляются через брызгоуловитель в коллектор. В наклонном газоходе после БГС установлены диафрагмы, орошаемые кислым циркуляционным раствором. Перед испытаниями была повышена интенсивность орошения газохода путем установления для этой цели насоса подающего порядка 160 м³/ч раствора фосфорной кислоты. На тарелки аппарата АПС подавалась вода, а сток с верхней тарелки направлялся в канализацию.

В наклонном газоходе происходит предварительная очистка отработанных газов от пыли и вредных примесей. Окончательная очистка газов ведется в аппарате АПС.

Перед испытаниями предложено было на нижнюю тарелку аппарата АПС организовать подачу исходной фосфорной кислоты. Затем решено было подавать на эту тарелку циркуляционную жидкость, подаваемую на орошение газохода, так как она наряду с NH₄H₂PO₄ содержала 20-21% P₂O₅ в виде свободной фосфорной кислоты.

В ходе обследования проведена была оценка масштаба подачи свежей воды на тарелки аппарата АПС. Определено, что на нижнюю тарелку АПС расход воды составлял 0,36±0,06 м³/ч, а на верхнюю 1,6 м³/ч. Одновременно оценены были количество и состав жидкостей сбрасываемых с тарелок.

В результате обследования установлено:

1. Работа аппарата АПС характеризуется забросом на нижнюю тарелку около $0,22 \text{ м}^3/\text{ч}$ брызг фосфорной кислоты из газохода и заброса на верхнюю тарелку $0,27-0,29 \text{ м}^3/\text{ч}$ брызг жидкости с нижней тарелки. После АПС в газоход выносятся $0,1-0,16 \text{ м}^3/\text{ч}$ жидкости с верхней тарелки. По данной причине во всех частях абсорбера АПС газы орошаются кислыми абсорбентами, хорошо поглощающими аммиак. В связи с указанным стало очевидным, что нет необходимости специально вводить на тарелки аппарата АПС растворов фосфорной кислоты.

2. При создании условий, моделирующих значительное повышение аммиака в отработанных сушильных газах, не зафиксировано существенного повышения аммиака в газах на входе в АПС.

3. Процесс абсорбции аммиака в основном осуществлялся в наклонном газоходе. По-видимому, после интенсификации орошения газохода раствором фосфорной кислоты существенно повысилась его эффективность как абсорбера. После наклонного газохода концентрация аммиака достигает практически санитарного норматива.

Абсорбционная мощность наклонного газохода обеспечит должную степень абсорбции аммиака при производстве диаммонийфосфата.

В стоках поступающих с верхней тарелки аппарата АПС зафиксировано стабильное содержание P_2O_5 в пределах $1,5-3\%$. В ходе обследования установлено, что при ухудшении грануляции в БГС пыль продукта не полностью улавливается в наклонном газоходе. Заметное количество пыли в этом случае улавливается в аппарате АПС. В таких случаях содержание P_2O_5 в стоке может достигать до $9-12\%$. Сток с верхней тарелки рекомендовано возвращать в производство.

В целом работа АПС практически сводится к брызгоулавливанию и несколько способствует абсорбции фтористых соединений.

По результатам обследования предприятию выдано заключение о том, что в связи с организацией выпуска диаммонийфосфата нет необходимости проводить реконструкцию системы очистки отработанных сушильных газов.

Принятие к исполнению рекомендации позволит предприятию существенно снизить затраты на реконструкцию. Кроме того реконструкция может проводиться без временного вывода из эксплуатации технологической линии, что было бы неминуемым при реконструкции существующей абсорбционной установки или при замене ее новыми аппаратами.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИРИЙСКИХ ФОСФОРИТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СУПЕРФОСФАТА АММОНИЗИРОВАННОГО

*Э.А.Карпович, Н.И.Малий, А.В.Силич, А.А.Козельская
(ГосНИИ МИНДИП, г.Сумы)*

Производство суперфосфата аммонизированного на Сумском ОАО «Сумыхимпром» с 1996 года работает в условиях использования зарубежных фосфоритов (алжирских и тунисских).

Метод производства основан на кислотном разложении фосфатного сырья серной кислотой, нейтрализации пульпы разложения аммиачной водой, сушки и грануляции продукта нейтрализации, классификации высушенного продукта.

В середине 2003 года были проведены промышленные испытания получения аммонизированного суперфосфата из новой разновидности фосфатного сырья – сирийских фосфоритов.

Основными целями испытаний было подтверждение общих приемов технологии получения суперфосфата из сирийских фосфоритов и уточнение расходных норм сырья и энергоресурсов.

В процессе испытаний контролировали дисперсный и химический состав фосфоритов на соответствие их требованиям контракта на поставку.

Особое внимание было обращено именно на дисперсный состав сирийских фосфоритов, поскольку, в отличие от тунисских и алжирских фосфоритов в них контрактом декларировалось содержание частиц размером более 2 мм до 5-8%.

В ходе испытаний зафиксированы незначительные колебания дисперсного состава фосфорита. В тоже время, хотя в среднем масса фракции частиц с размерами крупнее 2 мм не велика, в ней встречались кусочки породы размером до 12 мм. Такие кусочки очень медленно разлагаются в реакторе. Как правило, во время работы они накапливаются в придонной части пульпы. После завершения цикла работы цеха обычно проводят раскочку реакторов, а накопившиеся на дне неразложившиеся кусочки породы приходится удалять вручную. Однако, если цикл работы цеха затягивается, а поступление неразлагающихся кусочков породы велико под нижней лопастью мешалок возникает интенсивное движение данных кусочков, что отрицательно сказывается на футеровке днища реактора.

Сирийские фосфориты нельзя отнести к «воздушно-отдутым» фосфоритам. Для них характерно заметное (до 50% и более) содержание частиц с размером менее 0,1 мм. Это может приводить к значительной запыленности воздуха рабочей зоны в местах погрузки и выгрузки сырья. Поэтому фосфорит перед транспортировкой морскими сухогрузами специально увлажняется до 2-3%. В ходе испытаний не зафиксировано затруднений при приеме и транспортировке увлажненного фосфорита.

Фосфорит с такой влажностью следует проверить на смерзаемость.

Химический состав фосфоритов отвечал требованиям контракта и составлял: P_2O_5 – 29,4-31,3%; CaO – 46,8-48,8%; SO_3 – 0,73-2,2%; H_2O – 3,0-3,4%.

В процессе испытаний использовалась как техническая, так и промывная серная кислота, которая содержала определенное количество примесей сульфата аммония. Влияние этой примеси серной кислоты на процесс разложения в ходе испытаний не зафиксировано.

Оценка расхода серной кислоты в ходе испытаний проводилась с использованием средств автоматического контроля, а также косвенным методом. Указанный метод исходит из сопоставления в исходном сырье и в готовом продукте соотношения $CaO : SO_3$ общ.

В целом испытания подтвердили серьезные проблемы в цехе при дозировке серной кислоты, совершенно неудовлетворительно работает система автоматического поддержания соотношения фосфорит-серная кислота при использовании гидролизной серной кислоты.

Анализ статистических сведений о составе готового продукта показал колебания состава в следующих интервалах: P_2O_5 общ – 16,2-17,9%; P_2O_5 усв – 15,5-17,2%; N – 2,3-3,1%; P_2O_5 св – 1,8-3,2%; H_2O – 2,75-3,7%. Отметим, что при переработке иных фосфоритов P_2O_5 общ. была всегда ниже 16,4%; Прочность гранул 34-49 кгс/см².

Химсостав и грануляционный состав суперфосфата соответствовал требованиям к продукту первого сорта по ТУ У6-14005076.054-2002. Продукт имел светло-серую окраску. Выявлены некоторые обстоятельства, при которых получался продукт высшего сорта, когда P_2O_5 усв – 17% и выше.

Обследование мокрой очистки топочных показал, что при переработке сирийских фосфоритов выброс вредных веществ в газовую фазу не превышает уровень, который характерен при получении суперфосфата из других разновидностей фосфоритов. Оценен пылеунос в систему мокрой очистки и потери сырья со сточными водами. Зафиксировано не оправдано большое несоответствие количеств сточных вод и осветленной воды потребляемой цехом.

В результате испытаний определены значения расхода сырья и энерго-ресурсов с поправками на неучтенные потери, которые следует принимать во внимание при ежегодном пересмотре плановых значений указанных показателей.

Проведенные испытания показали большую перспективность использования сирийских фосфоритов в производстве суперфосфата. Предприятию рекомендовано при заключении контракта на поставку сирийских фосфоритов вводить дополнительное требование – отсутствие частиц с размером более 5 мм.

Рекомендовано также более детально в промышленных масштабах изучить условия стабильного получения продукта высшего сорта.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖЁЛТЫХ ЖЕЛЕЗООКИСНЫХ ПИГМЕНТОВ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА

Т.В.Карпенко, В.П.Новобранец (ГосНИИ МИНДИП, г.Сумы)

Многотонажным отходом производства пигментной двуокиси титана является одноводный и семиводный сульфаты железа, содержащие большие количества свободной серной кислоты (от 1 до 23% H_2SO_4) и незначительные количества примесей сульфатов титана, хрома, ванадия, магния, алюминия и др. Складирование отходов на площадках открытого типа хранения приводит к загрязнению почвы серной кислотой и солями железа. Сульфаты железа реагируют с атмосферными осадками, в результате чего образуются дополнительные количества свободной серной кислоты, дренируемой в почвенный слой. Такое хранение отходов сульфатов железа является убыточным для предприятия и ухудшает экологическое состояние промплощадки. Представляется актуальным и необходимым решение проблемы утилизации сульфатов железа, один из путей — разработка технологии получения жёлтых железозокисных пигментов.

По химическому составу жёлтые железозокисные пигменты представляют собой кристаллический моногидрат окиси железа $FeO(OH)$. Наибольшее значение имеет моногидрат α -формы (гетит), обладающий чистым охряно-жёлтым цветом, известен под названием жёлтый железозокисный, выпускается различных оттенков.

Особенностью предлагаемой технологии производства является использование в качестве сырьевых компонентов железного купороса и аммиачной воды без применения металлического железа. Такое техническое решение обусловлено тем, что при применении металлического железа усложняется технологический процесс, требуется стадия предварительной подготовки поверхности железа (отмывка, обезжиривание и т.д.), а также, возможно выщелачивание хромофорных примесей из железа в процессе синтеза, что приведёт к ухудшению цвета пигмента. При этом сам процесс характеризуется большой продолжительностью, синтез пигмента длится более 48 часов.

В основу разработки новой технологии поставлена задача получения жёлтого железозокисного пигмента, соответствующего требованиям ГОСТ18172-80 «Пигмент жёлтый железозокисный» марки Ж-0, или соответствующий жёлтому пигменту фирмы Байер марки 920. Несмотря на то, что железный купорос представляет собой чистые кристаллы от зеленого до голубого цвета, он содержит хромофорные примеси, влияющие на качество получаемых жёлтых железозокисных пигментов (0,14% примеси достаточно, чтобы изменить тон пигмента).

В связи с этим предусмотрена предварительная очистка раствора купороса, которая осуществляется методом последовательного осаждения гидроксидов хромофорных примесей. В качестве нейтрализующего реагента используется раствор аммиачной воды. Осаждённые примеси в виде гелеобразного осадка («шлама») отделяются от осветленной части раствора с помощью вакуум-фильтрации. Нами предложено техническое решение по утилизации «шлама», которое заключается в прокалке шлама с получением продукта малинового оттенка, содержащего 85% Fe_2O_3 . Данный пигмент можно использовать в виде наполнителя в строительной промышленности.

Улучшение цветовых характеристик получаемого жёлтого железозокисного пигмента обеспечивается за счёт предварительной очистки раствора сульфата железа, создания более благоприятных условий для синтеза зародышевых частиц и самого пигмента. Проведения синтеза без использования металлического железа позволит упростить технологический процесс, сократить время синтеза в 1,5-2 раза.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ ИЛЬМЕНитОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ

*А.Е.Золотарёв, К.В.Силич, Г.В.Дудина
(ГосНИИ МИНДИП, г.Сумы)*

Одной из проблем при производстве двуокиси титана пигментной сульфатным способом является разложение ильменитового концентрата серной кислотой.

Как известно, ильменитовые концентраты в процессе их окисления или выветривания претерпевают изменения. В их составе уменьшается количество окислов железа и увеличивается содержание TiO_2 .

Изменённые ильменитовые концентраты труднее разлагаются серной кислотой, чем неизменённые.

В настоящее время технологический режим разложения заключается в следующем: в реактор разложения загружается концентрированная кислота и ильменитовый концентрат. После смешения и хорошего смачивания ильменитового концентрата серной кислотой в реактор разложения подаётся вода для "толчка реакции".

При применении неизменённых ильменитовых концентратов в реакторе достаточно тепла, которое выделяется при разбавлении исходной серной кислоты до рабочей концентрации.

При разложении изменённых концентратов такого тепла в реакторе не достаточно, его надо вводить дополнительно с паром.

Нами предложен новый порядок смешения реагентов, позволяющий исключить использование острого пара для нагрева реакционной массы. Расчёт теплового баланса подогрева реакционной массы весом 81,3 т. показывает, что для её нагрева до температуры 105 °С при существующем порядке смешения реагентов требуется дополнительно затратить 7623,49 МДж.

В предлагаемом способе также требуется дополнительный расход тепла, однако он существенно ниже, разница в затратах тепла составляет 3548,87 МДж.

Как показали расчёты, при существующем порядке смешения реагентов без дополнительного подвода тепла смесь можно нагреть до 48 °С, в нашем случае реакционная смесь нагревается до 59 °С.

...
...
...
...
...

**ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИРИЙСКИХ ФОСФОРИТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СУПЕРФОСФАТА АММОНИЗИРОВАННОГО

Э.А. Карпович, Н.И. Малий, А.В. Силич, А.А. Козельская

(Государственный научно-исследовательский институт минеральных удобрений и пигментов, г.Сумы)

Производство суперфосфата аммонизированного на Сумском ОАО «Сумыхимпром» с 1996 года работает в условиях использования зарубежных фосфоритов (алжирских и тунисских).

Метод производства основан на кислотном разложении фосфатного сырья серной кислотой, нейтрализации пульпы разложения аммиачной водой, сушки и грануляции продукта нейтрализации, классификации высушенного продукта.

В середине 2003 года были проведены промышленные испытания получения аммонизированного суперфосфата из новой разновидности фосфатного сырья – сирийских фосфоритов.

Основными целями испытаний было подтверждение общих приемов технологии получения суперфосфата из сирийских фосфоритов и уточнение расходных норм сырья и энергоресурсов.

В процессе испытаний контролировали дисперсный и химический состав фосфоритов на соответствие их требованиям контракта на поставку.

Особое внимание было обращено именно на дисперсный состав сирийских фосфоритов, поскольку, в отличие от тунисских и алжирских фосфоритов в них контрактом декларировалось содержание частиц размером более 2 мм до 5-8%.

В ходе испытаний зафиксированы незначительные колебания дисперсного состава фосфорита. В тоже время, хотя в среднем масса фракции частиц с размерами крупнее 2мм не велика, в ней встречались кусочки породы размером до 12мм. Такие кусочки очень медленно разлагаются в реакторе. Как правило, во время работы они накапливаются в придонной части пульпы. После завершения цикла работы цеха обычно проводят раскочку реакторов, а накопившиеся на дне неразложившиеся кусочки породы приходится удалять вручную. Однако, если цикл работы цеха затягивается, а поступление неразлагающихся кусочков породы велико под нижней лопастью мешалок возникает интенсивное движение данных кусочков, что отрицательно сказывается на футеровке днища реактора.

Сирийские фосфориты нельзя отнести к «воздушно-отдутым» фосфоритам. Для них характерно заметное (до 50 % и более) содержание частиц с размером менее 0,1 мм. Это может приводить к значительной запыленности воздуха рабочей зоны в местах погрузки и выгрузки сырья. Поэтому фосфорит перед транспортировкой морскими сухогрузами специально увлажняется до 2-3 %. В ходе испытаний не зафиксировано затруднений при приеме и транспортировке увлажненного фосфорита.

Фосфорит с такой влажностью следует проверить на смерзаемость.

Химический состав фосфоритов отвечал требованиям контракта и составлял: P_2O_5 -29,4-31,3%; CaO- 46,8-48,8%; SO_3 -0,73-2,2%; H_2O -3,0-3,4%.

В процессе испытаний использовалась как техническая, так и промывная серная кислота, которая содержала определенное количество примесей сульфата аммония. Влияние этой примеси серной кислоты на процесс разложения в ходе испытаний не зафиксировано.

Оценка расхода серной кислоты в ходе испытаний проводилась с использованием средств автоматического контроля, а также косвенным методом. Указанный метод исходит из сопоставления в исходном сырье и в готовом продукте соотношения CaO : SO_3 общ.

В целом испытания подтвердили серьезные проблемы в цехе при дозировке серной кислоты, совершенно неудовлетворительно работает система автоматического поддержания соотношения фосфорит-серная кислота при использовании гидролизной серной кислоты.

Анализ статистических сведений о составе готового продукта показал колебания состава в следующих интервалах: P_2O_5 общ-16,2-17,9%; P_2O_5 усв-15,5-17,2%; N-2,3-3,1%; P_2O_5 св-1,8-3,2%; H_2O -2,75-3,7%. Отметим, что при переработке иных фосфоритов P_2O_5 общ. была всегда ниже 16,4%; Прочность гранул-34-49 кгс/см².

Химсостав и грануляционный состав суперфосфата соответствовал требованиям к продукту первого сорта по ТУ У6-14005076.054-2002. Продукт имел светло-серую окраску. Выявлены некоторые обстоятельства, при которых получался продукт высшего сорта, когда P_2O_5 усв -17% и выше.

Обследование мокрой очистки топочных показал, что при переработке сирийских фосфоритов выброс вредных веществ в газовую фазу не превышает уровень, который характерен при получении суперфосфата из других разновидностей фосфоритов. Оценен пылеунос в систему мокрой очистки и потери сырья со сточными водами. Зафиксировано не оправдано большое несоответствие количеств сточных вод и осветленной воды потребляемой цехом.

В результате испытаний определены значения расхода сырья и энерго-ресурсов с поправками на неучтенные потери, которые следует принимать во внимание при ежегодном пересмотре плановых значений указанных показателей.

Проведенные испытания показали большую перспективность использования сирийских фосфоритов в производстве суперфосфата. Предприятию рекомендовано при заключении контракта на поставку сирийских фосфоритов вводить дополнительное требование – отсутствие частиц с размером более 5 мм.

Рекомендовано также более детально в промышленных масштабах изучить условия стабильного получения продукта высшего сорта.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ ИЛЬМЕНИТОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ.

Золотарёв А.Е., Силич К.В., Дудина Г.В.

Сумский Государственный научно-исследовательский институт минеральных удобрений и пигментов

Одной из проблем при производстве двуокиси титана пигментной сульфатным способом является разложение ильменитового концентрата серной кислотой.

Как известно, ильменитовые концентраты в процессе их окисления или выветривания претерпевают изменения. В их составе уменьшается количество окислов железа и увеличивается содержание TiO_2 .

Изменённые ильменитовые концентраты труднее разлагаются серной кислотой, чем неизменённые.

В настоящее время технологический режим разложения заключается в следующем: в реактор разложения загружается концентрированная кислота и ильменитовый концентрат. После смешения и хорошего смачивания ильменитового концентрата серной кислотой в реактор разложения подаётся вода для "толчка реакции".

При применении неизменённых ильменитовых концентратов в реакторе достаточно тепла, которое выделяется при разбавлении исходной серной кислоты до рабочей концентрации.

При разложении изменённых концентратов такого тепла в реакторе не достаточно, его надо вводить дополнительно с паром.

Нами предложен новый порядок смешения реагентов, позволяющий исключить использование острого пара для нагрева реакционной массы. Расчёт теплового баланса подогрева реакционной массы весом 81,3 т. показывает, что для её нагрева до температуры 105 °С при существующем порядке смешения реагентов требуется дополнительно затратить 7623,49 МДж.

В предлагаемом способе также требуется дополнительный расход тепла, однако он существенно ниже, разница в затратах тепла составляет 3548,87 МДж.

Как показали расчёты, при существующем порядке смешения реагентов без дополнительного подвода тепла смесь можно нагреть до 48 °С, в нашем случае реакционная смесь нагревается до 59 °С.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖЁЛТЫХ ЖЕЛЕЗООКИСНЫХ ПИГМЕНТОВ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА

Карпенко Т.В., Новобранец В.П.

Многотонажным отходом производства пигментной двуокиси титана является одноводный и семиводный сульфаты железа, содержащие большие количества свободной серной кислоты (от 1 до 23 % H_2SO_4) и и незначительные количества примесей сульфатов титана, хрома, ванадия, магния, алюминия и др. Складирование отходов на площадках открытого типа хранения приводит к загрязнению почвы серной кислотой и солями железа. Сульфаты железа реагируют с атмосферными осадками, в результате чего образуются дополнительные количества свободной серной кислоты, дренируемой в почвенный слой. Такое хранение отходов сульфатов железа является убыточным для предприятия и ухудшает экологическое состояние промплощадки. Решение проблемы утилизации сульфатов железа является актуальной и необходимой.

Одним из путей решения задачи утилизации семиводного сульфата железа является разработка технологии получения жёлтых железозокисных пигментов. По химическому составу жёлтые железозокисные пигменты представляют собой кристаллический моногидрат окиси железа $FeO(OH)$. Наибольшее значение имеет моногидрат α -формы (гетит), обладающий чистым охряно-жёлтым цветом. Этот пигмент известен под названием жёлтый железозокисный. Он выпускается различных оттенков.

Особенностью предлагаемой технологии производства является использование в качестве сырьевых компонентов железного купороса и аммиачной воды без применения металлического железа. Такое техническое решение обусловлено тем, что при применении металлического железа усложняется технологический процесс, требуется стадия предварительной подготовки поверхности железа (отмывка, обезжиривание и т.д.), а также, возможно выщелачивание хромофорных примесей из железа в процессе синтеза, что приведёт к ухудшению цвета пигмента. При этом сам процесс характеризуется большой продолжительностью, синтез пигмента длится более 48 часов.

В основу разработки новой технологии поставлена задача получения жёлтого железозокисного пигмента, соответствующего требованиям ГОСТ 18172-80 «Пигмент жёлтый железозокисный» марки Ж-0, или соответствующий жёлтому пигменту фирмы Байер, в частности, марки 920.

Несмотря на то, что железный купорос представляет собой чистые кристаллы от зеленого до голубого цвета, он содержит в той или иной степени хромофорные примеси, влияющие на качество получаемых жёлтых железозокисных пигментов. Известно, что уже 0,14 % примеси достаточно, чтобы изменить тон пигмента. В связи с этим предусмотрена предварительная очистки раствора купороса, которая осуществляется методом последовательного

осаждения гидроксидов хромофорных примесей. В качестве нейтрализующего реагента используется раствор аммиачной воды. Осаждённые примеси в виде гелеобразного осадка ("шлама") отделяются от осветленной части раствора с помощью вакуум-фильтрации. Нами предложено техническое решение по утилизации "шлама, которое заключается в прокатки шлама с получением продукта малинового оттенка, содержащий Fe_2O_3 85 %. Данный пигмент можно использовать в виде наполнителя в строительной промышленности.

Улучшение цветовых характеристик получаемого жёлтого железисто-окисного пигмента обеспечивается за счёт предварительной очистки раствора сульфата железа, создания более благоприятных условий для синтеза зародышевых частиц и самого пигмента. Проведения синтеза без использования металлического железа позволит упростить технологический процесс, сократить время синтеза в 1,5 - 2 раза.

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УЗЛА АБСОРБЦИИ ОТРАБОТАННЫХ СУШИЛЬНЫХ ГАЗОВ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ЦЕХА С ВЫПУСКА АММОФОСА НА ВЫПУСК ДИАММОНИЙФОСФАТА

Э. А. Карпович, А. В. Силич, А. А. Козельская

(Государственный научно-исследовательский институт минеральных удобрений и пигментов, г. Сумы)

В связи с планированием выпуска диаммонийфосфата в цехе аммофоса ГАК «ТИТАН» встал вопрос о необходимости реконструкции узла абсорбции отработанных сушильных газов, так как ожидается повышение в них содержания аммиака в 10-15 раз.

Для обоснования реконструкции решено было проверить потенциальные возможности существующей системы очистки газов. При проведении промышленных испытаний поддерживали такие параметры технологии, которые гарантируют повышение нагрузки системы абсорбции по аммиаку.

Обследование работы системы абсорбции было проведено в условиях специального повышения концентрации аммиака в отходящих газах. Моделировалась ситуация работы абсорбера при производстве диаммонийфосфата. Модельная ситуация создавалась путем повышения рН пульпы аммофоса с 4 до 5-7 с последующей переработкой полученной пульпы при температурном режиме в аппарате БГС, характерном для получения аммофоса.

К моменту проведения обследования работа системы АПС осуществлялась следующим образом. Отработанные газы, загрязненные пылью продукта, аммиаком и соединениями фтора, отсасываются из аппарата БГС вентилятором через наклонный орошаемый газопровод, абсорбер АПС и направляются через брызгоуловитель в коллектор. В наклонном газопроводе после БГС установлены диафрагмы, орошаемые кислым циркуляционным раствором.

Перед испытаниями была повышена интенсивность орошения газохода путем установления для этой цели насоса подающего порядка $160 \text{ м}^3/\text{ч}$ раствора фосфорной кислоты. На тарелки аппарата АПС подавалась вода, а сток с верхней тарелки направлялся в канализацию.

В наклонном газоходе происходит предварительная очистка отработанных газов от пыли и вредных примесей. Окончательная очистка газов ведется в аппарате АПС.

Перед испытаниями предложено было на нижнюю тарелку аппарата АПС организовать подачу исходной фосфорной кислоты. Затем решено было подавать на эту тарелку циркуляционную жидкость, подаваемую на орошение газохода, так как она наряду с $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ содержала 20-21 % P_2O_5 в виде свободной фосфорной кислоты.

В ходе обследования проведена была оценка масштаба подачи свежей воды на тарелки аппарата АПС. Определено, что на нижнюю тарелку АПС расход воды составлял $0,36 \pm 0,06 \text{ м}^3/\text{ч}$, а на верхнюю $1,6 \text{ м}^3/\text{ч}$. Одновременно оценены были количество и состав жидкостей сбрасываемых с тарелок.

В результате обследования установлено:

1 Работа аппарата АПС характеризуется забросом на нижнюю тарелку около $0,22 \text{ м}^3/\text{ч}$ брызг фосфорной кислоты из газохода и заброса на верхнюю тарелку $0,27 - 0,29 \text{ м}^3/\text{ч}$ брызг жидкости с нижней тарелки. После АПС в газоход выносятся $0,1 - 0,16 \text{ м}^3/\text{ч}$ жидкости с верхней тарелки. По данной причине во всех частях абсорбера АПС газы орошаются кислыми абсорбентами, хорошо поглощающими аммиак. В связи с указанным стало очевидным, что нет необходимости специально вводить на тарелки аппарата АПС растворов фосфорной кислоты.

2 При создании условий, моделирующих значительное повышение аммиака в отработанных сушильных газах, не зафиксировано существенного повышения аммиака в газах на входе в АПС.

3 Процесс абсорбции аммиака в основном осуществлялся в наклонном газоходе. По-видимому, после интенсификации орошения газохода раствором фосфорной кислоты существенно повысилась его эффективность как абсорбера. После наклонного газохода концентрация аммиака достигает практически санитарного норматива.

Абсорбционная мощность наклонного газохода обеспечит должную степень абсорбции аммиака при производстве диаммонийфосфата.

В стоках поступающих с верхней тарелки аппарата АПС зафиксировано стабильное содержание P_2O_5 в пределах 1,5 – 3 %. В ходе обследования установлено, что при ухудшении грануляции в БГС пыль продукта не полностью улавливается в наклонном газоходе. Заметное количество пыли в этом случае улавливается в аппарате АПС. В таких случаях содержание P_2O_5 в стоке может достигать до 9 – 12 %. Сток с верхней тарелки рекомендовано возвращать в производство.

В целом работа АПС практически сводится к брызгоулавливанию и несколько способствует абсорбции фтористых соединений.

По результатам обследования предприятию выдано заключение о том, что в связи с организацией выпуска диаммонийфосфата нет необходимости проводить реконструкцию системы очистки отработанных сушильных газов. Принятие к исполнению рекомендации позволит предприятию существенно снизить затраты на реконструкцию. Кроме того реконструкция может проводиться без временного вывода из эксплуатации технологической линии, что было бы неминуемым при реконструкции существующей абсорбционной установки или при замене ее новыми аппаратами.

СНИЖЕНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИГМЕНТНОЙ ДВУОКИСИ ТИТАНА

Пляцук Л.Д., Вакал С.В., Сибирко Ю.А.

Современное состояние окружающей среды требует применения новых, более совершенных с экологической точки зрения технологий. Уменьшение техногенной нагрузки на природу напрямую связано с уменьшением количества отходов, образующихся на различных стадиях технологического производства.

На Украине в настоящее время распространена сульфатная технология получения пигментной двуокиси титана, которая характеризуется образованием большого количества отходов на разных технологических стадиях (по сравнению с хлоридной технологией).

При производстве пигментной двуокиси титана сульфатным способом образуются отходы железного купороса, гидролизной серной кислоты, черного шлама, кислых стоков. Количество отходов во много раз превышает количество готового продукта. Так, практически вся серная кислота, используемая в производстве двуокиси титана, является отходом производства в виде следующих соединений: серная кислота – 57,5%, сульфат железа – 16,5%, сульфаты других металлов – 26,0%. Утилизация отходов, их переработка, обезвреживание, доведение до безопасного хранения в отвалах требует больших затрат и в значительной степени влияет на себестоимость пигментной двуокиси титана. Большинство компаний, применяющих сульфатный способ получения двуокиси титана, используют образующиеся отходы как сырье для других производств. Так, соли железа используют для очистки воды, в получении цветных пигментов, в качестве удобрений и т.д. Отходы серной кислоты можно применять при производстве диоксида углерода, гипса и т.д.

В нашей работе мы исследуем возможности использования черного шлама. Сложность его использования заключается в том, что он имеет различный состав и свойства, которые зависят не только от исходного сырья, но и от особенностей технологии. Поэтому каждый вид шлама требует проведения дополнительных исследований на возможность его применения в той или

иной области. Шлам неоднороден по своему составу. Он состоит из неразложившегося ильменита (4-5% от общего объема сырья), различных примесей нерудных материалов, кремниевой кислоты, непрореагировавшей чугуновой стружки, древесной муки и т.д. Возможные направления использования шламов:

- в производстве строительных материалов (керамзита);
- в цементной промышленности (как добавка к шихте перед прокалкой);
- в производстве пигментов;
- в качестве обмазки электродов и т.д.

ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКОЛОГО-ТРАНСПОРТНОГО МОНИТОРИНГА В Г. СУМЫ

Кардаш Е.Л., Рыбалов А.А.

Экология города во многом связана с решением проблемы транспортных потоков. За последнее время интенсивность движения транспортных средств в городах Украины увеличилась в несколько раз и достигла нормативных величин автомобилизации, приведенных в ДБН 360-92. При такой тенденции возникает необходимость решения серьезных проблем, связанных с вредными для общества и окружающей среды (ОС) последствиями, которые сопровождают этот процесс.

Автомобильные выхлопные газы – это смесь примерно 200 веществ. Наибольший выброс продуктов неполного сгорания топлива происходит при стоянке машин у светофоров. Соотношение времени работы автомобиля на различных режимах зависит от планировочных характеристик города и транспортно-эксплуатационных показателей его улично-дорожной сети. Чтобы уменьшить выброс необходимо устранить препятствия на пути свободного движения потока автомашин.

Большие перспективы в деле снижения транспортного загрязнения окружающей среды имеют интегрированные (общегородские) автоматизированные системы управления движением (АСУД). Сущность автоматизации управления дорожным движением сводится к созданию такого режима работы светофорной сигнализации, при котором транспортные потоки, двигаясь с расчетной скоростью, встречают на своем пути только зеленые сигналы светофоров (режим «зеленой волны»). Необходимо также создание транспортно-экологического мониторинга. Особенно перспективно использование АСУД, в которых минимизируется количество транспортных детекторов с подключением контролеров АСУД к системе мониторинга.

Проведенные нами исследования позволяют рекомендовать к рассмотрению предложения для снижения вредного воздействия на ОС от эксплуатации транспортных средств в г.Сумы: построить подземный переход на

Красной площади у дома связи, возле базара, что позволит вывести один цикл светофорного регулирования; ввести в эксплуатацию подземный переход построенный на перекрестке ул. Харьковской и ул. Прокофьева; расширить проезжую часть ул. Красногвардейской, Баумана и Белопольского шоссе, а также ул. Роменскую с целью увеличения пропускной способности; примерно на 10-15% можно снизить вредное воздействие за счет приоритетного развития городского электротранспорта (троллейбусов); примерно на 3 % можно снизить за счет организации автобусных маршрутов таким образом, чтобы они были значительно удлинены и охватывали большее количество районов города одновременно.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПЕСТИЦИДІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ МЕТОДОМ МАС-СПЕКТРОМЕТРІЇ

Чіванов В.Д., к.б.н., ІПФ НАН України; Нагорна В.Л., студ., СумДУ

У нинішній час екологічні проблеми агропромислового комплексу України набули першорядного значення. Перш за все це пов'язано з широким використанням пестицидів різноманітної спрямованості: гербіцидів, інсектицидів, дефоліантів, фунгіцидів та інших.

В ст. 5 Закону України "Про пестициди і агрохімікати" висуваються вимоги до "державних випробувань пестицидів і агрохімікатів вітчизняного та іноземного виробництва, які проводять з метою біологічної, токсикогігієнічної та екологічної оцінки і розроблення регламентів їх застосування".

Переважає більшість препаратів, що використовуються - іноземного виробництва. Ця обставина вимагає постійного контролю якості та відповідності характеристикам, що затверджені при державних випробуваннях.

В останні роки спостерігається тенденція до застосування і розробки нових пестицидів, які характеризуються нелетючістю, полярністю та термолабільністю молекул (гербіциди на основі сульфонилсечовин).

За допомогою мас-спектрометра біохімічного "МСБХ" (ВАТ SELMI, м.Суми) можна швидко ідентифікувати пестициди нового покоління по отриманому мас-спектру. Підготовка проби займає близько 15 хвилин, а "сканування" проби - близько 10 хвилин. Крім цього досліджуваний препарат потрібен в мікрокількостях, не потрібне виділення та очищення речовини, пов'язане зі значними витратами часу, що є необхідною умовою класичних методів аналітичної хімії.

Крім цього, дана методика дозволяє простежити динаміку деструкції пестицидів нового покоління: напрямок та швидкість, в залежності від обраних параметрів (рН, температури, вологості) в ґрунтах та рослинних об'єктах в модельних умовах. Вивчення динаміки деструкції проводиться за серією мас-спектрів, які отримані через проміжки часу: порівняння піків квазімоле-

кулярних іонів дозволяє зробити висновки про зникнення одних і появу інших сполук у зразку.

Все вище зазначене визначає високу перспективність використання плазмово-десорбційної мас-спектрометрії в аналітичній хімії пестицидів останніх поколінь.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ КАДМІЮ ТА СВИНЦЮ ПО ПРОФІЛЮ ҐРУНТІВ У РАЙОНІ ВІДВАЛІВ ФОСФОҒІПСУ

І. О. Трунова

Незважаючи на велику кількість накопичених відходів техногенного походження, що містять кадмій і свинець, і віднесення їх до першого класу небезпеки, дотепер практично відсутні методи прогнозування забруднення ними навколишнього середовища, моделювання процесів міграції солей на основі кадмію та свинцю, мається дуже мало інформації про взаємодію цих сполук з навколишнім природним середовищем.

Автором були проведені математичні розрахунки, побудована ефективна модель міграційних процесів, що встановлює функціональну залежність вмісту досліджуваного мігранта в геохімічному ландшафті від просторових координат і часу. При цьому просторові координати фіксувалися з точністю до розміру однієї елементарної фації ландшафту (ЕФЛ), а час – до одного елементарного інтервалу.

Розроблена структурно-функціональна модель ландшафту спирається на припущення, що геохімічна структура ландшафту визначається його міграційною структурою, тобто водно-повітряною і біологічною міграцією.

Кожна ЕФЛ повинна поєднувати міграційновзаємносполучені ділянки розсіювання й акумуляції мігранта. При цьому за центр ЕФЛ було прийнято спеціалізований відвал фосфоґіпсу, тобто місцеве вогнище розсіювання, а границі ЕФЛ проходять по чаші спеціалізованого відвалу.

Мінімальною одиницею часу міграційних процесів, що характеризують геохімічний ландшафт, є рік. Він охоплює повний цикл усіляких міграцій — компонентів міграційної структури, зв'язаних з наступними категоріями явища: 1) припливом речовин ззовні і відтоком їх за межі ЕФЛ; 2) мобілізацією мігрантів і іммобілізацією їх, тобто переходом нерухомих форм в рухливі, і навпаки; 3) перерозподілом мігрантів усередині ЕФЛ.

У районі відвалів фосфоґіпсу переважають дерново-підзолисті ґрунти, з кислотою реакцією ґрунтового розчину, низьким вмістом гумусу. Значна частина важких металів у цих умовах утворює рухомі сполуки, тому розподіл їх по профілю дерново-підзолистих ґрунтів має свої особливості.

Проведений регресійно-кореляційний аналіз розподілу валового вмісту важких металів по профілю ґрунту показав, що розподіл має ясно виражену

закономірність. Коефіцієнт кореляції між вмістом елементу і глибиною складає 0,34. У кадмію він знаходився на середньому рівні – 0,43-0,55.

За результатами досліджень можна зробити висновок, що верхні гумусові горизонти ґрунтів і підстилка, у першу чергу, зазнають максимального техногенного впливу. Ілювіальні горизонти дерново-підзолистих ґрунтів є відповідним бар'єром на шляху потоку шкідливих речовин.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЖИРСКИХ ФОСФОРИТОВ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФОСФОРНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Вакал С.В., Андриенко Н.И.

При использовании алжирских апатитов в качестве сырья для производства фосфорных минеральных удобрений, можно выделить несколько факторов возможного риска для здоровья человека: возможность отрицательного воздействия кадмия в составе пылевидной фракции фосфоритов, переход кадмия в фосфорные удобрения с последующей миграцией металла по биологическим цепям в процессе введения их в почву.

Производство и применение фосфорных удобрений также нуждается в санитарно-гигиенической оценке урансодержащих примесей, особенно радиоактивной ее части.

Алжирские фосфориты содержат 28,8-35,1% P_2O_5 , что сопоставимо с вместимостью P_2O_5 в апатитах Хибинского месторождения.

По наличию примесей, в частности фторидов, 3,3 до 4,0%, фосфориты из Алжира также существенно не отличаются от руд месторождений расположенных на территории стран СНГ. В связи с легкостью отделения кремнезема от фосфатной руды содержат относительно низкое количество свободной двуокиси кремния от 1,2 до 3,8%.

Низкий процент тонкодисперсной пыли и наличие двуокиси кремния, обуславливают в целом благоприятный прогноз. Уместно заметить, что максимальное пылеобразование происходит в процессе выслушивания и измельчения фосфоритов, но эти операции осуществляются на территории поставщика минерального сырья и этот фактор в значительно меньшей степени будет лимитировать гигиенические условия получения суперфосфата из фосфорита.

В санитарно-гигиеническом отношении важным является отсутствие твердых отходов при производстве простого гранулированного суперфосфата из алжирских фосфоритов.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ УФ ОБЛУЧЕНИЯ

Гладкая Л.А., Менина Е.И.

В последние 15 лет широкое применение находит довольно простой в реализации и обслуживании, а также экологически безопасный метод УФ облучения.

Под действием коротковолнового УФ излучения в клетках находящихся в воде микроорганизмов происходят необратимые процессы. Процесс отмирания бактерий описывается уравнением:

$$p = p_0 e^{-\frac{Et}{k}}$$

При проектировании установок для обеззараживания воды УФ лучами применяют формулу:

$$F_p = \frac{q \alpha k \lg(p / p_0)}{1563,4 \eta_0 \eta_n}$$

Необходимое количество бактерицидных ламп n определяют по формуле:

$$n = F_p / F_n$$

В настоящее время планируется внедрение первой в Украине установки УФ обеззараживания сточных вод на очистных сооружениях ГКП "Горводоканал" г. Сумы. Одним из наиболее подходящих, по мнению экспертов, является оборудование фирмы "Berson". Пропускная способность станции обеззараживания, состоящей из 4-х установок (по 2 на каждой линии), составляет 5000 м³/час. В данной установке используются УФ лампы среднего давления.

Для обеззараживания воды УФ излучением характерны такие положительные признаки: низкие эксплуатационные затраты; малая энергоёмкость; экологическая безопасность; простота эксплуатации и др.

Принципиальные преимущества УФ метода: отсутствие какого-либо влияния на физико-химические и органолептические показатели обеззараженной воды при более высоком обеззараживающем действии и более низких капитальных и эксплуатационных затратах.

Одной из проблем внедрения УФ установок обеззараживания воды является отсутствие нормативно – законодательной базы на Украине по данной теме. Поэтому в качестве первоочередных задач можно назвать разработку необходимой законодательной, нормативной, технической и экономической документации.

ЕКОЛОГІЧНО ЗОРІЄНТОВАНИЙ БІЗНЕС

Пляцук Л.Д., проф., д.т.н., Турченко О.А., асп.

На розвиток екологічного бізнесового сектору впливає багато факторів, серед яких: політичні, економічні, інституційний розвиток екологічних структур, видатки на охорону навколишнього середовища.

Централізовано керовані економіки не передбачали стимулювання у скороченні видатків тому, що виробники були захищені від ризику банкрутства і могли сплачувати екологічні податки і штрафи без значного впливу на їх бюджети.

Швидкі темпи росту екологічно зорієнтованого приватного сектору в багатьох постсоціалістичних країнах Європи починаючи з 1990 р. дали можливість очікувати підвищення ролі місцевих виробників у фінансуванні видатків на природоохоронні потреби.

Повільні темпи впровадження цих процесів на Україні, зцілому, та Сумщині, зокрема, пояснюється неефективним оподаткуванням, фінансовими обмеженнями щодо оновлення технологій, повільним впровадження ноу-хау, систем менеджменту і нових технологій, слабким інформаційним забезпеченням (відсутність інструкцій, баз даних), відсутністю екологічно зорієнтованих професіоналів серед промисловців, ухиленням від включення природоохоронних питань до розгляду серед поточних питань політики та бюджету та низькою громадською активністю.

Проте існують інші реальні можливості оптимізації виробничого процесу на підприємствах в сучасних умовах. Серед них – впровадження системи управління навколишнім середовищем та проведення екологічного аудиту. Приватний сектор повинен, безумовно, бути активно залученим до попередження і усунення екологічних проблем, а також оптимізації економічної діяльності, шляхом раціонального використання природних ресурсів і зменшення викидів в навколишнє середовище, впровадження системи управління природоохоронною діяльністю, а також можливістю отримання прибутку від ведення екологічно спрямованої діяльності.

Але питання охорони навколишнього природного середовища не закінчується проведенням екологічного аудиту чи впровадженням системи управління природоохоронною діяльністю. В умовах ринкових відносин ця система повинна постійно розвиватись та вдосконалюватись.

Запровадження систем управління охороною навколишнього середовища дозволяє забезпечити роботу організаційної структури завдяки якому керівництво оцінює та регулює екологічні фактори впливу та виконує вимоги законодавства.

Постійне вдосконалення та перегляд всіх можливостей зменшення забруднень робить можливим запровадження ряду рішень, які одночасно знижують видатки компанії та викиди.

РАДІОАКТИВНЕ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ДОБІЧІ НАФТИ ТА ГАЗУ

Осадча Е.Н.

На територіях нафтопромислів у технологічних відходах очистки пластових вод, а також у мінеральних відкладеннях на внутрішніх поверхнях відпрацьованого устаткування накопичуються часом дуже значні запаси ізоотопів радію. У результаті їхнього розпаду утворюються газоподібні радіонукліди - ізоотопи радону, що, дифундуючи в повітряне середовище, створюють умови для інгаляційного опромінення персоналу, радіоактивного забруднення навколишнього середовища.

Радіонуклідний склад поверхневого забруднення територій і обладнання нафтових родовищ насамперед визначається вмістом радіонуклідів у пластовій воді. У разі відсутності інфільтрації поверхневих вод підземні води характеризуються повсюдним розвитком високомінералізованих вод хлоридно-натрієвого, кальцієвого складу з відносно низьким вмістом урану ($n \cdot 10^{-7}$ г/л або одиниці мБк/л) і високим вмістом радію ($n \cdot 10^{-10}$ - $n \cdot 10^{-9}$ г/л або 10 - 300 Бк/л). Вміст торію в підземних водах значно нижче.

Радіонуклідний склад відкладень обумовлений дочерніми радіонуклідами рядів урану та торію, що містять в різних кількостях та співвідношеннях у всіх відкладеннях. Вміст радіонуклідів альфа-випромінювачей визначався з використанням радіохімічних методик. Попередня підготовка проб відкладень, мулів та ґрунтів перед радіохімічним аналізом полягала в наступному:

1. Відбір навісок масою 1 - 2 г.
2. Прокалювання навісок при температурі 500° С на протязі трьох годин.
3. Розкладання проб у мінеральних кислотах.

Визначення урану та торію в пробах відкладень, ґрунтів і водах базувалося на методиках, представлених в "Методических рекомендациях по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах окружающей среды" під загальною редакцією А. Н. Марєя та А. С. Зикіной.

Крім радону, що випаровується можливий пиловий підйом і подальший вітровий транспорт радіонуклідів в мікрочастинках із території та поверхонь обладнання. Переважаючим джерелом радіоактивного порошіння можна вважати майданчик підсушення шламів. При оцінках впливу на навколишнє середовище досить обмежитися розглядом ^{226}Ra , т. я. по сукупності параметрів (відносний внесок в загальну активність, міграційна здатність в біоценозах, величини дозових коефіцієнтів) він є переважаючим в дозоутворенні.

ВПЛИВ НАФТОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ВОДОПОГЛИНАЛЬНУ ЗДАТНІСТЬ ГРУНТІВ

Тюленєва В.О., Соляник І.В.

Як відомо, нафта і нафтопродукти є пріоритетними забруднювачами навколишнього середовища. В районі нафтових родовищ і нафтопроводів особливого впливу зазнає ґрунтовий покрив. При забрудненні ґрунту нафтою змінюються його фізико-хімічні властивості, деякі морфологічні ознаки, кислотність, підвищується вміст органічного вуглецю.

Пригнічення росту рослин на нафтозабруднених ділянках пояснюється, в першу чергу, погіршенням таких водно-фізичних властивостей ґрунту, як аерація і водопроникність. Дослідженню саме цієї проблеми і було присвячено наш дослід.

Лабораторний дослід мав на меті дослідження зміни водопроникності ґрунту при різному ступені забруднення. Для досліду використовували ґрунт чорноземного типу, властивий для території Сумської області, де ведуться активні розробки нафтогазових родовищ та на території якої проходять декілька крупних нафтопроводів. Для проведення експерименту було відібрано чотири проби, які являють собою свіжий насипний ґрунт, який відповідає умовам зраного горизонту з природною структурою коточків та наявністю 3-4% гумусу. Розміри ділянок ґрунту - 22×17×10 см. Штучно забруднили ґрунт нафтою в пробах з глибиною проникнення, яка складала в різних варіантах 1, 1,5 і 2 см. Четверта проба була контрольною.

При забрудненні нафтою візуально спостерігалась зміна морфологічної структури ґрунту внаслідок злипання часточок ґрунту між собою, проникаючи в ґрунт витісняє з пор повітря і воду і утворює на поверхні ґрунтових часток непроникну для води плівку. Внаслідок цього, вода не здатна проникнути на глибину більше 1 см. Навіть при регулярному і рясному поливі не спостерігалось промочування ґрунту на всю глибину. Вода розтікалася по поверхні і нижні шари залишались сухими.

Для індикації зміни поглинальної здатності ґрунту на дослідних зразках було посіяно жито. Для покращення процесу росту здійснювався регулярний полив та рихлення на 1 зразку. Насіння проросло через тиждень на ділянці №1 з найменшим ступенем забруднення, а на контрольному зразку – на два дні раніше. На двох зразках, що залишились без рихлення жито не проросло. Ще через тиждень ростки на чистому ґрунті виростили до 10-15 см, а на зразку №1 засохли та загинули.

Через це, можна зробити висновок, що загибель рослин на нафтозабруднених ділянках не є причиною безпосереднього токсичного впливу вуглеводнів, а наслідком погіршення водопоглинальної здатності ґрунту через забруднення нафтою.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ РОЛІ СПОЛУК ХРОМУ. ДЖЕРЕЛА НАДХОДЖЕННЯ. РОЗРОБКА МЕТОДІВ АНАЛІЗУ СПОЛУК ХРОМУ У ВІДХОДАХ ГАЛЬВАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ.

О.Є. Аверкова, Л.П. Лаврова

Актуальність теми пов'язана з підвищеним рівнем забруднення навколишнього середовища важкими металами, у тому числі сполуками хрому.

Дослідження природних джерел сполук хрому дає можливість визначити рівень забруднення антропогенними джерелами.

Основними природними джерелами хрому в об'єктах навколишнього середовища є гірські породи (хроміт, крокоїт, уваровіт і ін.). З гірських порід ці сполуки потрапляють у поверхневі і підземні води, рослини, ґрунт.

Антропогенними джерелами надходження хрому в навколишнє середовище є стічні води гальванічних цехів, фарбувальних цехів текстильних підприємств, шкіряних заводів, підприємств хімічної промисловості і с/г.

Потрапляючи від антропогенних джерел в об'єкти навколишнього середовища, сполуки хрому призводять до збільшення імовірності потрапляння в організм людини.

Біологічна роль сполук хрому в організмі людини остаточно не вивчена. Але є дані, що сполуки Cr (VI) і Cr (III) у підвищених кількостях мають канцерогенні властивості. Металевий хром і сполуки Cr (II) менш токсичні, найбільш отруйні сполуки Cr (VI), токсичні також сполуки Cr (III).

Присутність хрому в рослинах, тканинах тварин і людей у мікроконцентраціях дозволяє вважати хром мікроелементом.

В наш час використовують атомно – абсорбційний, рентгено - флуорисцентний, емісійний і колориметричний методи визначення сполук хрому в об'єктах навколишнього середовища, а також у стічних водах і повітрі робочої зони підприємств.

Сполуки Cr (III) і Cr (VI) були вивчені на прикладі відходів гальванічної ділянки ВАТ Сумського заводу "Насосенергомаш". Гальванічне виробництво впливає на навколишнє середовище внаслідок збереження накопичених шлаків після електрохімічного очищення стічних вод. Оскільки кількості гальваношламів збільшується, виникає необхідність або збільшення площі під їх зберігання, або пошуку методу утилізації цього шламу, або пошуку нового методу очищення стічних вод гальванічного виробництва.

Застосування більш точного методу аналізу дозволить краще контролювати сполуки хрому після процесу очищення в стічних водах або виділити методу утилізації гальваношлама.

Таким чином, існує прямий зв'язок у системі "очищення стічних вод – контроль стічних вод – навколишнє середовище". Успішний підбір методу очищення і контролю дозволить зробити це виробництво найбільш безпечним для навколишнього середовища.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ И МЕТОДОВ ЕЁ СНИЖЕНИЯ НА СТАДИИ ВОДОПОДГОТОВКИ

Лазненко Д.А., Клепче Л.В.

Одним из основных источников засоления водоемов являются водо-подготовительные установки (химводоочистки) промышленных и коммунальных предприятий. Наиболее распространенным методом умягчения воды является Na-катионирование. Несмотря на относительную простоту и надежность метода он характеризуется существенными недостатками, которые, прежде всего, состоят в значительных расходах поваренной соли на регенерацию Na-катионитовых фильтров, а также в большом количестве засоленных сточных вод химводоочисток и продувочных вод котлов. В процессе регенерации ионообменных материалов на Сумской ТЭЦ ежегодно потребляется порядка 500 тонн технической поваренной соли. Из этого количества полезно используются всего около 30% массового содержания ионов Na^+ , а 70% оставшихся ионов Na^+ , 30% замещенных ионов жесткости и все 100% ионов Cl^- сбрасываются со сточными водами.

Решение задач сокращения сбросов засоленных стоков возможно следующими путями: совершенствованием режимов, реконструкцией технологических схем существующего водоподготовительного оборудования; применением новых схем с использованием мембранной технологии (электродиализ и обратный осмос); «достройкой» процесса очистки исходной воды технологией переработки стоков с повторным использованием воды и реагентов. Одним из наиболее простых решений на первоначальном этапе реконструкции водоподготовительной установки является внедрение технологии регенерации Na-катионитовых фильтров с повторным использованием части отработанных регенерационных растворов. Лабораторные исследования показали, что максимальное значение жесткости и содержания хлоридов в отработанных регенерационных растворах не совпадают во времени. Это позволяет выделить периоды регенерации, когда отработанный регенерационный раствор содержит существенный избыток поваренной соли. Отобранный по такому критерию раствор на повторное использование, может использоваться в начальный период регенерации вместо свежего раствора, с подачей впоследствии свежего раствора.

Реализация данной технологии позволяет снизить потребление регенерационного реагента для фильтров первой ступени на 35-50%, а для водо-подготовительной установки в целом – на 23-32%; понизить сброс хлоридов в окружающую среду приблизительно на 35-45%; автоматизировать процесс отбора отработанных растворов простым и надежным способом.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПОТЕРЬ ЛЕГКИХ ФРАКЦИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ ДОБЫЧЕ И ПОДГОТОВКЕ НЕФТИ НА НЕФТЕПРОМЫСЛАХ РУМЫНИИ И УКРАИНЫ

Пляцук Л.Д., Странацко Н.В.

В настоящее время большинство промышленно-развитых стран зависят от нефти и продуктов ее переработки. Ежедневно многие люди используют более 4 тысяч сделанных из нефти продуктов, определяющих современную жизнь. Но нефтеперерабатывающая промышленность является и источником загрязнения окружающей среды. При сжигании топлив воздушный бассейн загрязняется выхлопными и дымовыми газами. Кроме того, светлые нефтепродукты способны испаряться при хранении, транспортировании и наливе во время их производства и потребления. Большое количество легких углеводородов теряется при добыче и подготовке нефти на промыслах.

Поэтому для предотвращения загрязнения окружающей среды и с целью понижения затрат на переработку нефти, вызванных потерей легких компонентов и чрезмерный износ нефтепроводов, добываемая нефть на промыслах подвергается предварительной подготовке, которая включает обезвоживание, обессоливание и стабилизацию нефти. Под стабилизацией нефти понимают отделение от добытой нефти основной части растворенных в ней газовых углеводородов (ШФЛУ). При этом подразумевается, что после стабилизации нефть практически не подвержена испарению.

В настоящее время в отрасли применяются два способа стабилизации нефти. Это стабилизация в ректификационной колонне и стабилизация путём сепарации газонасыщенной нефти. Процесс сепарации нефти в Румынии имеет отличительную особенность от сепарации, которая проводится в Украине. Для более четкого разделения на фракции, нефть на румынских нефтепромыслах подвергается бифазной и трехфазной сепарации. Но все же наиболее совершенен способ стабилизации нефти в ректификационной колонне, который позволяет наиболее чётко отделять легкокипящие углеводороды от нефти, что достигается многократными массообменными процессами, протекающими в колонне.

Внедряя данный способ стабилизации нефти, мы резко снижаем потери углеводородного сырья и получаем значительный экономический эффект. Кроме того, решение проблемы снижения потерь углеводородного сырья имеет еще и важный экологический аспект. Эта сторона проблемы снижения потерь углеводородов трудно поддается экономической оценке, но само устранение источника вредного воздействия на окружающую среду уже предполагает уменьшение затрат на борьбу с последствиями таких

ПРИКЛАДНАЯ ГИДРОАЭРОМЕХАНИКА

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ВІБРАЦІЇ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА

О.В. Алексенко, А.В. Неня

Для енергозбереження в гідравлічних мережах комунального водопостачання та покращення умов водоспоживання знаходить впровадження використання насосних установок. Такі станції встановлюються у багатоповерхових будинках і мають у своєму складі один насос, що регулюється та декілька звичайних. Розташування насосної установки у жилому приміщенні висуває санітарні вимоги щодо рівня вібрації та шуму. З огляду на вказане доцільним є оцінка рівня вібрації на стадії проектування.

В теорії насособудування накопичено певний досвід визначення вібраційного стану насосів різних типів, у тому числі і відцентрових. Певне узагальнення досліджень у цьому напрямку виконали Б.В. Покровський та В.Я. Рубінов. Дане дослідження виконано з метою перевірки застосування запропонованого ними підходу до визначення рівня вібрацій мало витратних відцентрових насосів, що використовуються у насосних установках.

Пропонується визначати рівень вібрації по прискоренню відносно нульового рівня $3 \cdot 10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ визначати за наступними складовими:

$$L = L_{\min} + \Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3,$$

де L - загальний рівень вібрації насоса у діапазоні $20 \dots 20 \cdot 10^3$ гц, дБ,

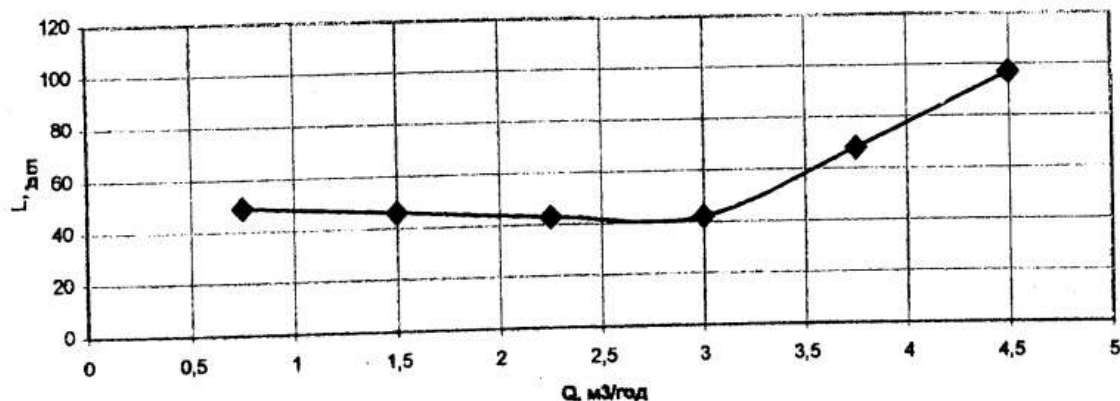
L_{\min} - мінімальний рівень вібрації, який залежить від колової швидкості обертання робочого колеса та коефіцієнта питомої швидкохідності,

ΔL_1 - відхилення зумовлене зазором між робочим колесом та відводом,

ΔL_2 - відхилення зумовлене режимом роботи за витратою та зміною коефіцієнту швидкохідності,

ΔL_3 - доданок, що враховує вплив кавітації.

Для насосу, що проектується, і має наступні параметри конструкції $D_2=95\text{мм}$ $D_3=97\text{мм}$, $i=10$, та оптимального режиму $Q=3\text{м}^3/\text{год}$, $H=120 \text{ м}$, $n=3000 \text{ хв}^{-1}$, розрахована наступна залежність рівня вібрації від режиму роботи.



ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ДЛЯ МАКРОМОДЕЛИРОВАНИЯ

О.В. Алексенко, В.Г. Неня, Д.М. Шифрин

При построении макромоделей центробежного насоса базой являются математические модели его типовых элементов. В центробежном насосе можно выделить следующие типовые элементы: рабочее колесо, подвод, направляющий аппарат, отвод, разгрузочные устройства, пазухи, щели уплотнений, полости между ротором и корпусом, каналы и отверстия в корпусе и роторе, щели подшипников, работающих на перекачиваемой жидкости. Для макромоделирования используются внешние характеристики типовых элементов в виде зависимости потери напора $h_{эл}$ на элементе от расхода $Q_{эл}$, проходящего через него.

При построении моделей можно использовать один из трех подходов: 1) обобщение результатов физического эксперимента; 2) обобщение результатов расчета на микроуровне с применением методов планирования эксперимента; 3) использование аналогий из технической гидромеханики.

При построении математических моделей основных элементов проточной части (рабочего колеса, подвода, отвода) используется первый подход ввиду достоверности результатов и целесообразности использования накопленного проектировщиками опыта.

Для построения математических моделей вспомогательных элементов насоса (полости между ротором и корпусом, каналы и отверстия в корпусе и роторе, щели подшипников, каналы разгрузочных устройств) необходимо использовать второй подход – обобщение результатов расчетов на микроуровне.

В последние годы созданы коммерческие программы, моделирующие и рассчитывающие течения вязкой жидкости в областях произвольной геометрической конфигурации. Одним из первых коммерческих программных пакетов универсального назначения, разработанных в России, стал программный продукт FlowVision. На кафедре прикладной гидроаэромеханики СумГУ используется академическая версия FlowVision.

Сопоставление результатов расчета, проведенное на кафедре, с известными экспериментальными данными для ряда внутренних течений жидкости в простых каналах показало хорошее качественное и удовлетворительное количественное согласование результатов расчета с помощью программного продукта FlowVision с результатами эксперимента.

Для определения адекватности результатов расчета радиальной щели гидропаты было проведено сравнение численного эксперимента с имеющимся аналитическим решением. Сопоставление дало обнадеживающие результаты – удовлетворительное с инженерной точки зрения совпадение.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ МАССОГАБАРИТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛОПАСТНЫХ НАСОСОВ

А.Г. Гусак, Е.Н. Коваленко, Г.М. Шамота

Анализ существующего отечественного оборудования свидетельствует о том, что оно уступает аналогичному зарубежному по массогабаритным показателям. Это сказывается на себестоимости их изготовления. Поэтому на сегодняшний день актуальной является задача разработки конструкторских решений, направленных на уменьшение габаритных и весовых характеристик вновь создаваемых агрегатов при обеспечении их надежности и экономичности.

Одним из путей решения этой задачи является использование в составе проточных частей лопастных насосов статорных элементов, создающих момент скорости перекачиваемой среды. Сегодня можно утверждать, что не существует каких-либо существенных ограничений с точки зрения получаемых характеристик насосов, препятствующих применению различных по величине и знаку моментов скорости потока перед рабочим колесом.

Улучшение массогабаритных характеристик насосов при условии сохранения требуемого напора рабочего колеса при заданной подаче достигается за счёт:

- использования специальных подкручивающих устройств (полуспиральных подводов, входных направляющих аппаратов), создающих добавочный положительный момент скорости потока с целью уменьшения радиальных габаритов отводов, как спирального, так и кольцевого типа;

- использования лопаточных отводов, создающих добавочный положительный момент скорости потока на входе в спиральный отвод с указанной выше целью;

- сочетания первого и второго способов с различными соотношениями в распределении добавочного момента скорости между подводом и лопаточным отводом;

- использования входных направляющих аппаратов, создающих отрицательный момент скорости потока перед рабочим колесом с целью исключения из состава проточной части насосов высокой быстроходности трудоёмких в изготовлении выправляющих аппаратов;

- обеспечения расчётного остаточного момента скорости потока в отводящих диффузорах насосов высокой быстроходности с целью уменьшения их габаритов.

Введение положительного момента скорости потока на входе в рабочее колесо K_1 приводит к увеличению, вследствие прозрачности лопастной системы последнего, K_2 (момента скорости потока на выходе с рабочего колеса) и, следовательно, к уменьшению требуемой пропускной способности отвода A_p , т.е. его радиального габарита. Если рабочее колесо спроектировано на условие $K_1 = 0$ имеет место снижение максимального уровня КПД. Если рабочее колесо спроектировано на условие $K_1 > 0$, то снижение КПД не су-

щественно. Однако, в обоих случаях оптимальный режим работы насоса смещается в сторону меньших подач.

Применение лопаточных отводов, создающих добавочный положительный момент скорости на входе в спиральный отвод уменьшенного габарита обеспечивает сохранение оптимального режима работы по подаче в тех же пределах, что и при отводе нормального габарита. При условии согласования рабочих органов возможно достижение приемлемого значения КПД.

Способ одновременного введения добавочного момента скорости потока перед рабочим колесом и его создания лопаточным отводом является наиболее целесообразным, поскольку позволяет до 30% уменьшить габариты отвода с сохранением оптимального режима работы насоса по подаче.

Последний способ эффективен для лопатных насосов с $n_s < 450$. Для насосов повышенной быстроходности момент скорости потока, создаваемый подводом, уже соизмерим с моментом, создаваемым рабочим колесом, и поэтому целесообразно его использование в целях улучшения массогабаритных показателей. Установка осевого рабочего колеса после входного направляющего аппарата позволяет исключить из состава проточной части выправляющий аппарат при условии, что направляющий аппарат обеспечивает равномерный подвод жидкости к рабочему колесу и создает необходимый для получения напора отрицательный момент скорости потока, который в дальнейшем «раскручивается» рабочим колесом и также становится осевым. Таким образом, налицо зависимость не только величины момента скорости потока, но и способа его получения от коэффициента быстроходности.

Особенностью всех рассмотренных подходов является задание на стадии проектирования момента скорости потока K_1 на входе в рабочее колесо. Зависимость, полученная на кафедре прикладной гидроаэромеханики, позволяет находить требуемую величину K_1 , как функцию коэффициента быстроходности, гидравлического КПД, коэффициента входа и момента скорости потока на выходе из рабочего колеса K_2 . Абсолютная величина K_2 определяется из условия обеспечения требуемого радиального габарита спирального отвода. Для лопатной системы типа „направляющий аппарат- рабочее колесо“ $K_2=0$.

Уравнение для определения K_1 является уравнением третьей степени. Физическое толкование корней этого уравнения представляет существенный интерес и является предметом обсуждения.

Отдельным вопросом является взаимосвязь величины K_1 с формой меридианной проекции рабочего колеса насоса. В этом направлении работа нами также ведется и мы полагаем, что эта тема также достойна внимания специалистов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ СВЕРХВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ГИДРОСБИВЕ ОКАЛИНЫ

В.Н. Довгаленко, А.С. Игнатъев, В.В. Коломиец.

Очистка от окалины горячих слябов производится многими способами. Наиболее прогрессивным является метод "гидросбива" т.е. удаления окалины струями воды под высоким давлением.

Применение гидравлических систем включающих в себя питающие насосы работающие постоянно на батарею гидроаккумуляторов, которые в дальнейшем использовались в качестве источника давления показало большой расход воды и электроэнергии. Кроме этого, очистка от окалины низколегированных и легированных марок стали, требует высокого и сверхвысокого давлений потока жидкости, повышение давления приводит к увеличению скорости потока на выходе из головки гидросбива, и несмотря на уменьшение расхода жидкости, увеличивает силовое воздействие потока на окалину.

Использование автоматизированной системы гидромеханической очистки от окалины позволило решить задачи качественной очистки поверхности горячего металла на прокатных станах.

Особенностью автоматизированной системы гидросбива окалины, позволяющая уменьшить расход воды в 10-15 раз, потребление электроэнергии в 6-8 раз, расход топлива и угар металла на (5-10)%, явления наличия блока самовращающихся роторных головок и использование плунжерных насосов сверхвысокого давления.

Трехплунжерные насосы позволяют развивать давление в системе до 60 МПа. Регулировка количества подаваемой на блок головок жидкости осуществляется путем включения параллельно 3-4 насосов. Когда сляба нет насосы работают в режиме холостого хода и вода сбрасывается на всасывание через байпас. Недостатком плунжерных насосов является колебания давления в нагнетательной и всасывающей магистралях. Применение активных гасителей в виде воздушных колпаков клапанов с упругой разделительной мембраной позволило эффективно решить задачу снижения колебаний давления. Однако при эксплуатации насосов случались поломки пружин клапанов, образование трещин в седлах клапанов, блоках цилиндров, в нажимных кольцах сальниковых уплотнений плунжеров. Одной из причин вызывающей поломки деталей насосов являются колебания давления в коммуникациях, которые резко возрастают при включении четного количества трехплунжерных насосов. Для уменьшения взаимного влияния насосов было произведено разделение потоков и в качестве активных гасителей использовались длинные резиновые шланги.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В МАШИНОСТРОЕНИИ

А.А. Мишенин

Моделирование и оптимизация производственного процесса на современном этапе являются очень важными составляющими планирования и развития производства. Существует большое количество различных аналитических методов для моделирования и оптимизации производства в большинстве своем базирующихся на экспериментально полученных законах и зависимостях. Все они имеют некоторые недостатки. Во-первых, они базируются на некоторых приближениях и упрощениях, во многих случаях, приводящих к значительным погрешностям. Во-вторых, производственный процесс характеризуется значительным количеством различных переменных и констант, которые, как правило, определены не для всех случаев. В-третьих, экспериментально могут быть определены лишь константы, а общий вид зависимости должен быть задан заранее. Следует отметить, что в некоторых случаях, когда такие подходы оказываются удачными, расчеты с их использованием могут занимать слишком много времени даже на современных вычислительных машинах, что делает невозможным их использование для оптимизации производственного процесса в режиме реального времени. В этих и многих других случаях оправдывает себя использование систем искусственного интеллекта, работающих на основе накопленных ими «знаний». Примером являются *нейронные сети*, которые на сегодняшний момент уже широко применяются в различных областях науки и техники. Они не требуют никаких аналитических зависимостей, способны учитывать большое количество различных факторов влияющих на процесс, кроме того, вычисления с их помощью требуют сравнительно немного времени.

Одной из наиболее популярных и быстроразвивающихся областей применения нейросетевых технологий в машиностроении является создание систем автоматического управления и мониторинга. Не менее распространены работы по моделированию и оптимизации производственных процессов с использованием нейронных сетей. Масса как отечественных так и западных ученых работают над проблемами, связанными с прогнозированием различных параметров тех или иных производственных процессов. Большое количество работ по использованию нейронных сетей посвящено созданию диагностических программных и аппаратных средств. Перспективной задачей является разработка технологических справочников, советчиков машиностроителя и интеллектуальных тренажеров. Важным и интересным направлением является разработка интеллектуальных САПР.

ВЛИЯНИЕ ВНУТРЕННИХ ЩЕЛЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ МНОГОСТУПЕНЧАТОЙ ТУРБОМАШИНЫ НА ВИБРОНАДЕЖНОСТЬ ЕЕ РОТОРА

А.Н. Гулый, С.В. Токарев, В.А. Панченко

Одной из основных проблем при создании многоступенчатых турбомашин является проблема обеспечения динамической устойчивости ротора. Динамическая устойчивость имеет исключительно важное значение для обеспечения работоспособности центробежной многоступенчатой турбомашины в целом. Динамические характеристики роторов в большой мере определяются действующими в зазорах бесконтактных уплотнений гидродинамическими силами, которые, в зависимости от конструкции и условий работы бесконтактных уплотнений, могут вызвать либо потерю динамической устойчивости и разрушительные для турбомашины автоколебания ротора, либо наоборот, стабилизировать ее динамику и снизить виброактивность.

Задачи обеспечения вибрационной надежности многоступенчатых турбомашин актуальны с самого момента их появления, но не разрешены до настоящего времени. От решения этих задач непосредственно зависит возможность повышения эффективности и экономичности машин. Например, обеспечение виброненадежности крупных насосов с числом ступеней свыше 15-20, ведет к расширению области параметров центробежных машин, но и открывает возможность существенного повышения коэффициента полезного действия за счет повышения удельной быстроходности. Актуальна также задача создания простых и надежных центробежных насосов с повышенной частотой вращения вала 10 000 – 20 000 об/мин, которые будут компактными и экономичными.

Для успешного решения этих задач необходимы специальные изучения течений в щелевых уплотнениях и других вспомогательных трактах, вычисление гидродинамических сил, влияющих на вибрационные характеристики роторов.

ВЛИЯНИЕ ВНУТРЕННИХ ЩЕЛЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ В МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСАХ С РАБОЧИМИ КОЛЕСАМИ ПЛАВАЮЩЕГО ТИПА НА ИХ НАДЕЖНОСТЬ

А.Н. Гулый, В.А. Панченко, С.В. Токарев

В настоящее время в нефтедобывающей промышленности используются многоступенчатые горизонтальные насосы с плавающими центробежными рабочими колесами низкой быстроходности. Эти насосы предназначены для закачки, после механической очистки воды, в нефтеносные пласты и используются в системе поддержания пластового давления нефтяных месторождений.

Характерной для таких насосных систем особенностью является разгрузка ротора от осевой силы путем использования рабочих колес с индивидуальной разгрузкой осевых усилий на опорах скольжения торцового типа и специальной конструкции передней и задней пазух рабочего колеса насоса. При этом рабочее колесо свободно «плавает» по валу, и, в зависимости от режима работы насоса, опирается на переднюю или заднюю опору.

Однако при использовании в качестве индивидуальных радиальных опор ступеней подшипников скольжения на перекачиваемой среде в виде резинометаллических втулок с радиальными зазорами по валу в несколько десятков мкм при большом числе ступеней и количестве радиальных сопряжений в каждой ступени вопрос центровки ротора в статоре может оказаться неразрешимым в условиях применения принятых в насосостроении технологий.

Рассмотрим теперь возможность применения для втулок межступенных уплотнений обычных материалов, вследствие чего зазор в межступенных уплотнениях вынужденно увеличивается до 0,18-0,22 мм. Исходя из данных различных источников, увеличение зазоров в уплотнениях ведет к снижению их жесткости, а следовательно, и критических частот роторов. Однако, расчеты показывают противоположное – при их изменении от 0,04-0,06 мм (резинометаллические втулки) до 0,18-0,22 мм (обычные материалы) значение первой критической частоты повышается с 3300 до 5200 об/мин.

Таким образом, приходим к выводу, что данные насосы могут быть изготовлены и без резинометаллических втулок с малыми радиальными зазорами. Предлагаемая конструкция насоса, с радиальными подшипниками скольжения в виде металлических втулок (зазор в щели 0,18-0,22 мм), имеет более приемлемые динамические характеристики. Такая конструкция межступенных уплотнений также менее подвержена абразивно-эрозионному износу, что в свою очередь повысит надежность насоса.

ПЕРЕКАЧИВАНИЕ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ СМЕСЕЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫМ НАСОСОМ С ДВУХЛОПАСТНЫМ РАБОЧИМ КОЛЕСОМ

Э.В. Колисниченко

Перекачивание газожидкостных смесей представляет собой важную проблему для многих отраслей промышленности, в первую очередь, для нефтегазового комплекса. Поэтому вопрос о транспортировке газожидкостных смесей, а значит выбор конструкции насосного оборудования для данных условий, является актуальным на сегодняшний день.

На кафедре прикладной гидроаэромеханики СумГУ были проведены исследования возможности применения насосов гидродинамического принципа действия в области перекачивания газожидкостных смесей с высоким содержанием газового фактора в разных диапазонах быстроходности. Наиболее исследованный диапазон быстроходности составляет $130 \leq n_s \leq 300$. В зарубежных источниках были обнаружены ссылки на хорошую работу на газожидкостных смесях в этом диапазоне центробежных насосов с малым числом лопастей. Однако имеющиеся по этому вопросу материалы содержат лишь рекламный характер.

На частичное восполнение указанного пробела, в части перекачивания газожидкостных смесей, с высокой газовой фракцией в пределах быстроходности $130 \leq n_s \leq 300$ направлены работы, которые в настоящее время ведутся на кафедре.

В ходе этих работ были получены результаты испытаний насоса с двухлопастным рабочим колесом на газожидкостной смеси, угол установки лопасти на выходе из которого равен $\beta_2 = 22^\circ$, коэффициент быстроходности - $n_s = 133$, максимальный КПД его - $\eta_{max} = 0,56$. Со стороны основного и покрывающего дисков в данном рабочем колесе выполнены импеллеры. Интересным представляется тот факт, что в процессе работы насоса при увеличении количества газа в смеси до $\beta = 0,07$ наблюдается рост всех параметров насоса. В дальнейшем эти параметры падают до полного прекращения подачи насоса. В результате установлено, что величина критического объемного газосодержания для центробежного насоса с данным рабочим колесом составляет $\beta_{кр} = 0,32$. Можно говорить о перспективности дальнейших исследований в этом направлении.

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩЕГО АГРЕГАТА

Н.И. Волков, А.А. Папченко

Одной из возможных областей применения теплогенерирующего агрегата (ТГА) является его многоцелевое использование для технологических процессов животноводства. Анализ новых направлений в этой области выявил потребность в машинах, которые могли бы производить размол зерновых культур (пшеница, ячмень, кукуруза, горох, соя) в водной среде с одновременным нагревом кормовой смеси. К таким технологическим процессам можно отнести:

- использование соевого молока;
- использование кормовых смесей;
- замена трехоперационного процесса приготовления кормов

для крупного рогатого скота на аналогичный однооперационный.

Предварительные экспериментальные исследования показали возможность применения теплогенерирующего агрегата для реализации вышеуказанных технологий. В связи с этим были выполнены работы по созданию многофункционального ТГА. При разработке был предварительно составлен типоразмерный ряд такой машины: ТГА-1 (мощностью 7,5 кВт), ТГА-2 (15 кВт) и ТГА-3 (30 кВт). Конструктивная схема агрегата ТГА-2 представлена на рис. 1.

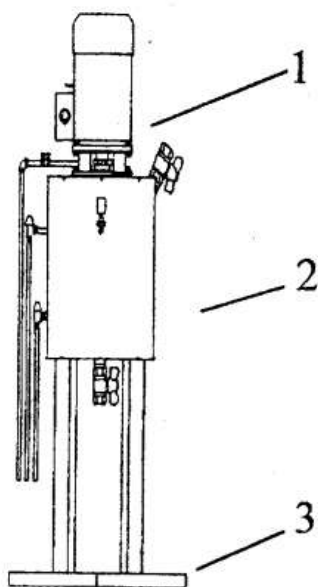


Рис.1 Конструктивная схема агрегата ТГА-2.

Многофункциональный ТГА-2 состоит из электродвигателя 1, который приводит во вращение рабочее колесо агрегата. Проточная часть (рис. 2) помещена внутрь корпуса, емкостью 100 л. Машина смонтирована на раме 3. В конструкции агрегата также предусмотрена арматура для засыпки сырья, слива готового продукта, поддержания постоянного давления внутри корпуса.

Проточная часть агрегата состоит из рабочего колеса, верхней и нижней крышек и проставки. В нижней крышке и проставке установлены статорные лопатки. Таким образом система роторных лопастей движется между двумя ярусами статорных лопаток. В проставке имеются тангенциальные окна, через которые происходит выброс рабочей среды из проточной части агрегата.

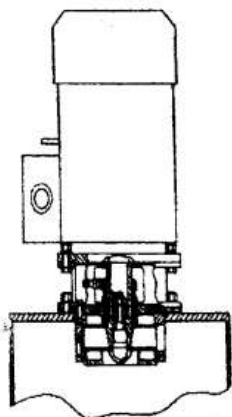


Рис. 2. Проточная часть ТГА-2

Испытания созданной машины показали, что принципиально возможно осуществить вышеуказанные процессы в созданном агрегате:

- цикл приготовления соевой суспензии составляет 60 мин (определяющим фактором для данной технологии является температура разогрева 105-110°C);

- цикл приготовления кормовой смеси занимает 30 мин, при этом происходит разогрев рабочей среды до 60°C (определяющим фактором является интенсивность размола зерновых культур).

Для уменьшения продолжительности цикла приготовления кормовой смеси и снижения ее температуры (что позволяет получить корма с более высоким содержанием полезных веществ) в конструкцию агрегата были внесены некоторые изменения:

установка отражательных перегородок в корпусе ТГА позволила ликвидировать закрутку потока, которая возникала за счет тангенциально направленных потоков на выходе из проставки и являлась причиной отбрасывания зерновых культур на периферию под действием центробежных сил;

установка всасывающего патрубка перед входом в проточную часть агрегата сделала возможным осуществлять забор зерновых культур с нижней части корпуса;

установка статорных лопаток на входе в проточную часть позволила производить более быстрое измельчение зерновых культур.

Внесение таких комплексных изменений в конструкцию агрегата ТГА-2 позволило получить более быстрое и качественное измельчение сельхозкультур и тем самым сократить продолжительность цикла до 15 мин (производительность агрегата при приготовлении кормовой смеси увеличилась с 200 кг/час до 400 кг/час).

Таким образом созданный агрегат реализует целый ряд технологических процессов животноводства, что снижает продолжительность приготовления требуемых кормовых смесей, энергопотребление и эксплуатационные издержки.

О ПОПЫТКАХ ПОВЫШЕНИЯ НАПОРНОСТИ МАЛОГАБАРИТНЫХ ОСЕВЫХ СТУПЕНЕЙ ПУТЕМ КОМБИНИРОВАННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ

А.А. Евтушенко, И.П. Каплун

Естественное изменение геологических условий залегания и структуры запасов нефти приводит, по информации разработчиков месторождений, к образованию значительного фонда скважин с осложненными условиями добычи. Для подъема нефти из таких скважин необходимо высоконапорное погружное насосное оборудование, надежно работающее на глубинах порядка 1000-1500 м. Создание напоров подобного уровня приводит к значительному росту длины насоса (количество ступеней доходит до 300), что существенно осложняет его сборку, монтаж и демонтаж. По этой причине в качестве одного из определяющих критериев для оценки погружного насосного оборудования гидродинамического принципа действия можно рассматривать напорность – отношение напора ступени к ее монтажной длине $H_{ст}/L_{ст}$. С учетом того, что на данный момент только в Российской Федерации более 70 % всей нефти добывается погружными центробежными насосами типа ЭЦН, становится очевидной чрезвычайная актуальность проблемы повышения напорности подобного оборудования.

Примером удачного решения поставленной задачи может служить центробежновихревая ступень, разработанная ЗАО «Новомет-Пермь». В этой конструкции вдоль края рабочего колеса на тыльной стороне основного диска устанавливается вихревой венец, а на поверхности направляющего аппарата выполняется боковой кольцевой канал. Ячейки вихревого венца создают в боковом канале дополнительный турбулентный поток, который попадает на лопатки аппарата. Приобретенная жидкостью турбулентная кинетическая энергия преобразуется в напор, который складывается с напором, создаваемым центробежной частью рабочего колеса. Вихревой эффект позволяет увеличить напорность ступеней в среднем на 15-25 %, оказывая наибольшее влияние на напорную характеристику в области малых подач ($q < 0,5$).

Все попытки применить вышеописанный положительный опыт комбинированного использования рабочих процессов для разработанной на кафедре прикладной гидроаэромеханики СумГУ малогабаритной осевой ступени путем установки вихревых венцов в торцах (опорных пятках) рабочего колеса не дали положительных результатов.

Более перспективным для осевого колеса представляется использование осевихревой ступени, разработанной на «Калужском турбинном заводе» Анкудиновым А.А. и Зотовым Б.Н. Эта ступень представляет собой насос, состоящий из осевого колеса и размещенной на его периферии неподвижной винтовой нарезки, ход лопастей которой противоположен ходу лопастей шнека. Течение жидкости в осевихревой ступени имеет сложный про-

странственный характер с вихревым течением на периферии. Упрощенно весь поток можно разделить на две зоны основной осесимметричный поток, расположенный вблизи втулки шнека, и вихревой поток в периферийной части осевого колеса и в неподвижной решетке. Обратные токи, которые развиваются при малых относительных подачах ($q < 0,5$) в осевихревой ступени, дробятся в каналах неподвижной решетки и образуются вихри, имеющие форму жгута в центральной части винтовых каналов. Периферийное вихревое течение не загромождает поток и позволяет повысить напор ступени на 81% на нулевой подаче, сохраняя значение КПД на уровне 55-60 %.

Планируется на базе малогабаритной осевой ступени, имеющей параметры $Q=800$ м³/сутки, $H=2,2$ м при $\eta=0,6$ создать подобную осевихревую ступень путем установки нарезки в статорном аппарате на периферии рабочего колеса. Специфичность погружных насосов заключается в ограничениях, накладываемых на радиальные габариты проточной части. Установка нарезки влечет за собой уменьшение диаметра рабочего колеса, что, соответственно, приводит к падению напора ступени. Экспериментальные исследования, проведенные разработчиками осевихревой ступени, показывают, что оптимальное соотношение высот лопастей неподвижной нарезки и шнека $h_n/h_{ш}=0,5$, а оптимальное соотношение сторон канала неподвижной нарезки $h_n/a_n=0,5$, где a_n — ширина канала. Учитывая, что у исходной ступени высота лопастей составляет 15 мм, принимаем $h_n=5$ мм, $h_{ш} \approx 10$ мм, а число лопастей нарезки $z_n=22$. При выборе угла установки лопастей нарезки принимались во внимание следующие факторы:

коэффициент напора осевихревой ступени связан со средним углом установки лопастей $\alpha=(\alpha_n+\alpha_{ш})/2$ зависимостью

$$\bar{H} = k \cos \alpha \sin^2 \alpha, \quad (1)$$

где k — коэффициент пропорциональности;

$\alpha_n=90^\circ-\beta_n$ — угол установки лопастей нарезки;

$\alpha_{ш}=90^\circ-\beta_{ш}$ — угол установки лопастей шнека

угол установки лопастей шнека на внешнем диаметре при его подрезке до $D_2=75$ мм составит $\beta_{ш}=28^\circ 30'$.

Максимум функции (1) приходится на значение $\beta_n=40^\circ - 42^\circ$. Принимаем $\beta_n=40^\circ$. Оценочные расчеты, проведенные по методике, предложенной Анкудиновым А.А., позволяют предположить, что эффект от установки нарезки, несмотря на влияние уменьшения диаметра рабочего колеса малогабаритной осевой ступени, позволит добиться повышения напора в пределах 15-20 % в области малых подач.

Для проверки достоверности вышеописанных расчетов необходимо проведение сравнительного анализа результатов расчета и опытных данных. С этой целью в данный момент проводится изготовление осевихревой проточной части, спроектированной на базе малогабаритной осевой ступени.

СМЕННЫЕ РОТОРА ТУРБОМАШИН – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИХ РАЗВИТИЯ

С.И. Макивский, А.А. Руденко, И.Б. Твердохлеб

Используя факт, что оптимум по КПД в центробежных насосах формируется не только отводом, во ВНИИАЭН в 60-70-е годы, был разработан типоразмерный ряд нефтяных насосов (тип НМ) со сменными роторами. Создание таких конструкций велось с учетом особенностей строительства и запуска нефтеперекачивающих станций (НПС). Годы эксплуатации подтвердили экономическую целесообразность использования данных схем. Ротора рассматриваемого типа были созданы для нескольких типоразмеров магистральных нефтяных насосов с подачей 2500 м³/ч и выше.

Для нынешнего периода характерным остается использование аналогичного подхода к модернизации существующего насосного оборудования. Имеется в виду создание и установка сменных роторов в насосах типа ЦНС. За счет такого технического решения удалось с минимальными затратами значительно расширить по параметрам типоразмерный ряд указанных насосов. Применение сменных роторов в многоступенчатых центробежных насосах ЦНС позволяет за счет только проточной части (в частности рабочего колеса) покрыть большой интервал по подаче одним насосом. Безусловно, возможны и новые технические решения.

В данное время мы считаем возможным вернуться к идее сменных роторов применительно не только к насосам типа ЦНС, но и к насосам с рабочим колесом двухстороннего входа (тип «Д»). Центробежные насосы типа «Д» сегодня имеют самый высокий КПД, по отношению к другим типам центробежных насосов и обладают рядом других преимуществ, поэтому дальнейшее их развитие остается актуальной задачей. Нами предлагается, наряду с рабочими колесами, имеющими традиционную проточную часть, применять в составе сменных роторов рабочие колеса с нетрадиционными проточными частями. В данном случае подразумеваются рабочие колеса канального типа. Используя существующие наработки, мы полагаем, что в одном насосе, сохраняя величину КПД и используя только различные рабочие колеса можно применить несколько роторов. При этом обеспечивается расширение диапазона по параметрам, покрываемым одним насосным агрегатом. Отдельно отметим, что появляется возможность влиять таким способом и на уровень антикавитационных качеств насоса.

Подводя итог сказанному выше, можно констатировать – в настоящее время реализация идеи использования сменных роторов в турбомашинах является перспективным направлением их дальнейшего развития. Это принесет экономическую выгоду, как для производителей насосного оборудования, так и его потребителям.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТУПЕНЕЙ С РАЗЛИЧНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ КАК СПОСОБ РАСШИРЕНИЯ ЗОНЫ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ОСЕВОГО НАСОСА

А.В. Елин, И.П. Каплун

Известно, что с уменьшением расхода через осевую ступень происходит нарушение монотонности ее напорной характеристики. Как следствие, насос с такой ступеню при значительных изменениях характеристики сети может работать неустойчиво. Ввиду этого, вопрос минимизации размеров западающего седлообразного участка на напорной кривой осевых насосов всегда был и остается актуальным.

На кафедре ПГМ СумГУ разработана конструкция малогабаритной осевой ступени с целью ее последующего использования в многоступенчатом погружном насосе ЭДП 5А-500, предназначенном для добычи пластовой жидкости из скважин с внутренним диаметром обсадной трубы более 130 мм. В состав ступени входит рабочее колесо в виде шнека постоянного шага и статорный аппарат с лопатками, которые представляют собой прямые радиальные пластины. По напору и экономичности созданная ступень не уступает, а по удельному напору, рассчитываемому на единицу монтажной длины ступени, значительно превосходит диагональную ступень серийного насоса ЭЦН 5А-500. Однако, разработанная ступень имеет неудовлетворительную форму напорной характеристики, которая в случае пологой параболы характеристики сети практически исключает устойчивую работу насоса при $Q < Q_{\eta \max}$. Указанный недостаток не позволяет без дополнительной доработки рекомендовать созданную ступень в производство. Как известно, введение положительной конусности втулки шнека позволяет стабилизировать форму напорной характеристики ступени. Но ввиду предельно высокого значения втулочного отношения, использованного при проектировании осевой ступени насоса ЭДП 5А-500, выполнение указанной рекомендации оказалось затруднительным. В тоже время, анализ напорных характеристик более чем 40 экспериментально отработанных шнековых ступеней свидетельствует о возможности и перспективности способа расширения зоны устойчивой работы многоступенчатого осевого насоса на недогрузочных режимах за счет использования в нем ступеней с различной геометрией. Ранее было установлено, что местоположение оптимума шнековой ступени по КПД, в первую очередь, зависит от величины втулочного отношения \bar{d} и значения осевого хода винтовой линии шнека S , который однозначно определяет закон изменения углов установки лопастей шнека вдоль радиуса. Поэтому на заданную подачу можно спроектировать две различных ступени, отличающиеся только значениями \bar{d} и S . При этом одна из них, назовем ее ступень №1, должна иметь меньшие, а другая (ступень №2) – большие величины \bar{d} и S . Имеющийся экспериментальный материал свидетельствует о том, что напорные характеристики ступеней №1 и №2 близки по форме соот-

ветственно к кривым 1 и 2, которые приведены на рис. 1. При использовании в насосе как одного, так и другого типа ступеней существует вероятность его неустойчивой работы при подачах, меньших оптимальной.

Спрогнозируем форму напорной характеристики двухступенчатого осевого насоса, состоящего из ступеней №1 и №2 (кривая 1+2 на рис. 1). В идеальном случае она будет без западающих участков и стабильно падающей вблизи режима максимального КПД $Q_{\eta_{\max 1+2}}$. Исследуемые малогабаритные осевые ступени предназначены для использования в погружных скважинных насосах, состоящих из нескольких модуль-секций с числом ступеней, достигающим до 100 и более штук в каждой. С учетом этого, комплектация насоса, к примеру, двумя модуль-секциями, одна из которых содержит пакет ступеней №1, а вторая – пакет ступеней №2, вполне реализуема на практике.

Очевидно, что для осуществления предлагаемого способа расширения зоны устойчивой работы многоступенчатого осевого насоса необходимо на стадии проектирования ступеней №1 и №2 выбирать их значения \bar{d} и S таким образом, чтобы обеспечить максимальную близость оптимумов по КПД ступени №1 ($Q_{\eta_{\max 1}}$) и ступени №2 ($Q_{\eta_{\max 2}}$), а также максимальную зеркальность напорных характеристик ступеней №1 и №2 относительно отрезка 3 до точки А (рис. 1).

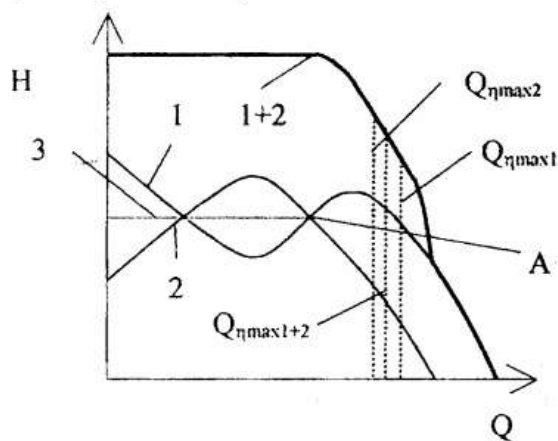


Рисунок 1 – Суммирование напорных характеристик осевых ступеней с различной

напорных характеристик ступеней №1 и №2 относительно отрезка 3 может компенсироваться путем использования в насосе их неравного количества.

В настоящее время высказанная гипотеза проходит экспериментальную проверку на предмет целесообразности и практической осуществимости. Ее результаты могут представлять интерес для проектировщиков всех классов многоступенчатых осевых турбомашин.

Накопленные экспериментальные данные и результаты предварительных расчетов показывают, что выполнение указанных требований возможно при значениях втулочных отношений и осевого хода винтовой линии шнека, обеспечивающих высокие энергетические качества ступени. Прогнозируемое снижение экономичности сборки ступеней №1 и №2 из-за отличия $Q_{\eta_{\max 1}}$

и $Q_{\eta_{\max 2}}$ не превышает 2-3% по сравнению с величиной меньшего из максимальных КПД используемых ступеней. Отклонения от зеркальности на-

УЧЕТ СИЛ ТРЕНИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ ДИНАМИКИ ГИДРОПРИВОДОВ

В.В. Дубинский, С.П. Кулинич

Задачи теоретического исследования гидравлического привода определяют метод формализации процессов, протекающих в его элементах, в частности, метод учета сил трения при анализе динамики движения выходного звена. При рассмотрении сил, действующих на выходное звено гидравлического привода сила трения разбивается на две составляющие – силу вязкого трения и силу контактного трения.

Сила вязкого трения P_v в элементах гидравлического привода обычно линейно зависит от скорости его движения и описывается зависимостью вида

$$P_v = k_v v, \quad (1)$$

где k_v – коэффициент вязкого трения, v – скорость движения.

Сила сухого трения P_{mp} является существенно нелинейной и, в большинстве случаев, не может аппроксимироваться линейной зависимостью (1). При исследовании нелинейных моделей гидравлических приводов методом гармонической линеаризации силу сухого трения обычно аппроксимируют нелинейной зависимостью вида

$$P_{mp} = |P_{mp}| \operatorname{sgn}(v). \quad (2)$$

Формула (2) нередко применяется также при составлении нелинейных моделей с последующим исследованием их численными и комбинированными методами. Анализ результатов исследования динамики гидравлических приводов показывает, что формула (2) справедлива при всех значениях скорости, кроме $v = 0$, так как в этом случае $\operatorname{sgn}(v) = 0$ и, соответственно,

$P_{mp} = 0$, что противоречит физической природе силы контактного трения.

При старте элемента гидравлического привода, когда его скорость равна нулю, сила контактного трения препятствует началу его движения и направлена в сторону, противоположную направлению действия активной силы P_a . Поэтому в работах К.Л. Навроцкого и Ю.И. Чупракова предложено нелинейную силу контактного трения аппроксимировать зависимостью

$$P_{mp} = \begin{cases} |P_{mp}| \operatorname{sgn}(v) & \text{при } v \neq 0 \\ |P_{mp}| \operatorname{sgn}(P_a) & \text{при } v = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Однако такая аппроксимация силы контактного трения имеет один существенный недостаток. При $|P_{mp}| > |P_a|$ подстановка P_{mp} , полученного

по формуле (3) в уравнение движения выходного звена гидравлического привода $m\dot{v} = P_a - P_{mp}$ приводит к тому, что движение должно происходить под действием силы трения в направлении, противоположном направлению действия активной силы, что противоречит физической природе явления. В результате, при исследовании динамики движения гидравлического привода, получаются расчетные колебания выходного звена в районе зоны остановки. Эти колебания никак не связаны с неустойчивостью привода, а обусловлены некорректностью аппроксимации силы контактного трения по формуле (3). При этом результаты расчета динамических характеристик гидравлического привода искажаются. Аппроксимация силы контактного трения зависимостью

$$P_{\dot{v}} = \begin{cases} |P_{\dot{v}}| \operatorname{sgn}(v) & \dot{v} \neq 0 \\ P_a & \dot{v} = 0 \quad \text{è} \quad |P_{\dot{v}}| > |P_a| \\ |P_{\dot{v}}| \operatorname{sgn}(P_a) & \dot{v} = 0 \quad \text{è} \quad |P_{\dot{v}}| < |P_a| \end{cases}, \quad (4)$$

позволяет исключить возникновение расчетных колебаний, связанных с некорректным учетом силы контактного трения. При необходимости можно учесть также отличие силы контактного трения в момент страгивания выходного звена гидравлического привода от силы трения при его движении. Для этого в формуле (4) при $v \neq 0$ подставляется значение силы контактного трения, возникающей при движении выходного звена гидропривода $P_{mp,\dot{v}}$, а при $v = 0$ – силу контактного трения, возникающую при страгивании элемента.

Расчеты динамических характеристик гидравлических приводов с использованием формулы (4) для учета силы контактного трения показали, что она выступает стабилизирующим фактором, уменьшающим время переходного процесса и повышающим устойчивость привода, в отличие от других методик учета сил контактного трения.

Предложенная методика аппроксимации силы контактного трения может быть рекомендована для анализа динамических процессов в гидравлических усилителях мощности, гидравлических следящих приводах, останов выходных звеньев которых не регламентирован жесткими упорами.

УВЕЛИЧЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПО МЕРЕ ИЗНОСА ОБОРУДОВАНИЯ

Ю.Я. Ткачук

Замена устаревшего оборудования новым всегда остается актуальной, так как это связано с рационализацией процесса энергопотребления. Если не производить такой замены, увеличивается энергоемкость выпускаемой продукции при одновременном снижении качества, что снижает ее конкурентоспособность на рынке. Кроме того, работа на устаревшем оборудовании создает риск аварий и катастроф, что имеет социальные и экологические последствия. В среднем обычное, не уникальное оборудование необходимо заменять на новое примерно раз в 5-7 лет. Чем активнее отрасль меняет устаревшее оборудование, тем динамичнее она развивается.

На практике одновременно протекают процессы морального и физического старения. При моральном старении снижается качество выпускаемой продукции из-за технической несостоятельности оборудования, несоответствие его технологическим возможностям и требованиям рынка. При физическом старении растут затраты на ремонт, запчасти и пр. В общих случаях увеличивается энергоемкость выпускаемой продукции. Наилучшим критерием оборудования в этих случаях будет удельное энергопотребление $e = \frac{E}{V}$, где E – потребляемая энергия;

V – количество выпускаемой продукции.

Анализ работы устаревшего оборудования показывает, что попытка отсрочить замену устаревшего оборудования малоэффективна, так как ремонты обычно не позволяют вернуть прежнюю производительность оборудованию, т.е. после каждого ремонта V уменьшается и при постоянной потребляемой мощности e – удельное энергопотребление увеличивается (см. рис.1). Таким образом, из рисунка видно, что альтернативы замены старого

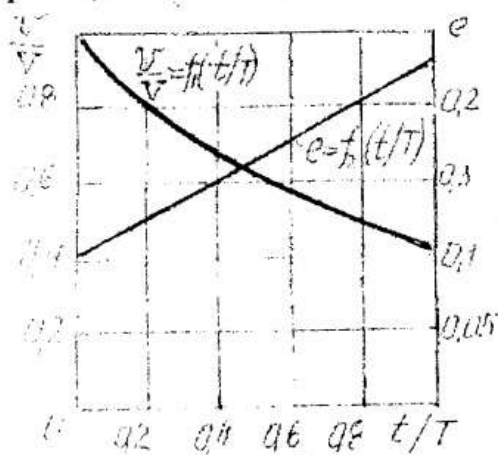


Рис 1 Зависимость относительной производительности (1) и удельного энергопотребления (2) от времени эксплуата-

оборудования на новое нет.

Для практических расчетов могут быть использованы следующие оценочные формулы. Для оценки стоимости потерь электроэнергии $C^э = (e - e_0) \sigma^э N$; для оценки стоимости потерь из-за невыпуска продукции $C^э = (N_0 - N) \sigma''$, где e и e_0 , N и N_0 – соответственно, удельное энергопотребление, количество выпускаемой продукции старым и новым оборудованием; $\sigma^э$ и σ'' – стоимости одного кВт·ч электроэнергии и единицы выпускаемой продукции.

По мере старения оборудования увеличивается степень его износа и уменьшается

среднегодовая производительность V , которая к концу эксплуатации может составлять лишь 70-80% от первоначальной. Эта величина зависит от многих факторов (условия эксплуатации, квалификация обслуживающего персонала и пр.).

Проведение очередного ремонта несколько сглаживает картину снижения производительности, но не решает полностью проблему, так как после ремонта производительность не восстанавливается до первоначальной, какой она была у нового оборудования. Кроме того, в отремонтированном оборудовании износ протекает интенсивнее, чем в новом. Поэтому в последующих ремонтах межремонтные циклы T_i укорачиваются (см. рис.2) $T_3 < T_2 < T_1$.

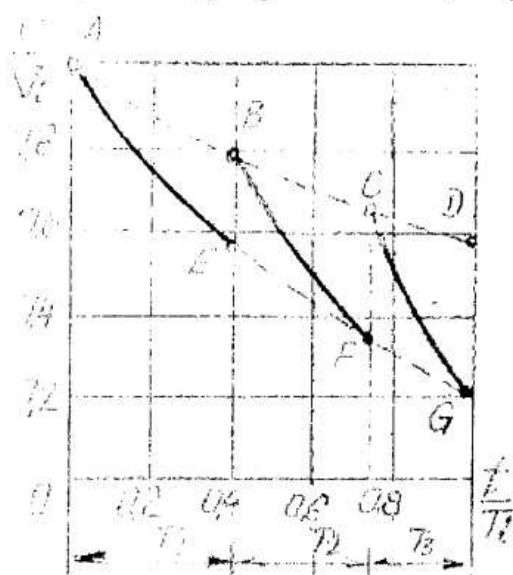


Рис 2 Снижение среднечасовой производительности оборудования в межремонтные циклы.

Представляет практический интерес аналитическое описание закономерности снижения энергоэффективности оборудования в межремонтных циклах. На основании данных (Барташов Л.И. Конструктор и экономист. — М.: Экономика. — 1977. 223 с.) был проведен анализ и построены графики, приведенные на рисунке. Из рис.2 следует, что наибольшая среднечасовая производительность V соответствует началу эксплуатации оборудования (точка А), а при последующих ремонтах наибольшая среднечасовая производительность закономерно уменьшается по огибающей АД (точки В и С). Наименьшая среднечасовая производительность снижается по огибающей АГ (точки Е, F и G).

Удельное энергосбережения для точек А, В и С соответственно будет $e_A = \frac{E_A}{V_A}$, $e_B = \frac{E_B}{V_B}$ и $e_C = \frac{E_C}{V_C}$. Так как потребляемая энергия E до ремонта и после него остается постоянной ($E_A = E_B = E_C$), а производительность оборудования снижается, то $e_A > e_B > e_C$. Следовательно, энергоемкость выпускаемой продукции растет, а энергоэффективность оборудования закономерно после каждого ремонта снижается. Для описания кривых АЕ, ВF и СG предлагается экспоненциальная зависимость $\frac{v}{V_i} = e^{-K_i t/T_i}$, где $i=1,2,3$ —

порядковый номер очередного ремонта; K_i — константа при экспоненте; v и t — текущие значения среднечасовой производительности и времени.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ НАСОСНОГО ОБЛАДНАННЯ ЦУКРОВИХ ЗАВОДІВ

О.І.Котенко, Ю.Ю.Поляков

Необхідність та технічна доцільність впровадження в цукровому заводі енергозберігаючих технологій повинні бути економічно виправданими.

На шляху енергозбереження цукрові заводи України зменшують витрати теплової енергії на виробництво, що повинно супроводжуватись зменшенням електричного навантаження турбогенераторів. Кожні 10% зменшеного палива на заводі потребують зменшення на 300кВт навантаження турбогенераторів.

Одним із напрямків впровадження на заводі комплексу енергозберігаючих технічних рішень є заміна застарілого насосного обладнання, економічні та енергетичні показники яких завищені. Відомо, що із-за невідповідності характеристик насосів і трубопроводів в сучасному виробництві втрачається до 20% енергії. Обстеження насосного парку деяких цукрових заводів дозволило зробити висновок, що втрати електроенергії набагато більші.

При розрахунках відцентрових насосів для гідротранспорту сумішей їх розраховують з урахуванням кавітації і виникнення значних та змінних осьових навантажень. Нерівномірний знос робочих колес цих насосів приводить до розбалансування ротора насоса, що різко збільшує навантаження на підшипники. До цього призводить і часткова закупорка каналів колеса. Таким чином, відцентрові насоси для перекачування сумішей рідких продуктів виготовляються з масивними опорними кронштейнами, збільшеною кількістю підшипників.

Рациональний вибір заміни застарілих насосів на насоси вільновихрового типу (СВН) на цукрових заводах дозволив отримати економію електроенергії. Конструктивна особливість насосів СВН з робочим колесом, розташованим в циліндричній ніші корпусу, дозволяє працювати при перекачуванні рідких сумішей практично без зміни основних параметрів. На протязі всього часу експлуатації насосів СВН відмічені і інші переваги:

- проста форма проточної частини зменшує металомісткість насоса, полегшує його розбору та зборку;
- можливість використання насосів на змінній питомій вазі рідини;
- стабільна напірна характеристика насоса;
- масогабаритні розміри СВН менші порівняно з насосами СОР, КТС;
- можливість ремонту і виготовлення запасних частин в умовах заводу;
- збільшення газовмісту мало впливає на характеристики насосу;
- поверхня проточної частини насосу зношується менше порівняно з відцентровими насосами, що зменшує простоті технологічного обладнання і не потребує допоміжних коштів на ремонт насосного обладнання, а в результаті збільшує економічність конструкції;
- експлуатаційний коефіцієнт корисної дії практично постійний.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

- А.А.Бекренев, С.Ю.Шаповал, В.И.Савчук. Технологическая наследственность при проектировании технологических процессов обработки деталей. 4
- Думанчук М. Ю. Вдосконалення технологічної підготовки машинобудівного виробництва на базі уніфікованих модулів поверхонь. 5
- Д.Ф.Демьяник, И.М.Волина. Технологичность конструкции изделия (ТКИ). 6
- Акилов А. И., Подойма А. В. Суперфинишная головка 8
- Гладченко С.Г., Евтухов В.Г. Хонингование гильз цилиндров тяжелых оппозитных компрессоров. 9
- Евтухов А.В. Нормирование процесса круглого врезного шлифования. 10
- А.О.Кладиенко, П.В.Кушниров. Сборные пазовые фрезы с СТМ. 12
- Миненко Д. А., Захаркин А. У. Оптимизация режимов резания при обработке крепежных отверстий корпусов на многоцелевых станках. 13
- Шашкова И. В., Руденко А. Б. Информационное обеспечение и структура работы информационно-поисковой системы технологического назначения. 15
- А.И. Акилов; С.С. Градиль. Исследование динамики устройства для прерывистого шлифования плоских поверхностей. 16

ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕПЛОФИЗИКА

- Арсеньев В.М., Козин В.М. Термотрансформация низкопотенциальных газовых потоков. 18
- Мелейчук С.С. Опытный стенд исследования вакуумных агрегатов. 19
- Ванеев С.М., Ващенко В.М. Вихревой компрессор для системы подачи угольной пыли на ТЭЦ. 20
- Марченко В.Н., Жиленко Н.А., Куценко С.Н. О закономерностях формирования и моделирования активного двухфазного потока в струйном термокомпрессоре. 21

Марченко В.Н., Прокопов М.Г., Прилипко С.А. О возможности применения центростремительных турбин в малой энергетике	22
Калинкевич Н.В., Калашников А.Н. Проведение испытаний моделей обратно-направляющих аппаратов на аэродинамическом стенде.	23
Калинкевич Н.В., Бобров А.Н. Экспериментальное определение потерь в диффузорах центробежных компрессоров.	24
Макаров А.А. Распределение параметров потока и потери энергии в безлопаточном диффузоре.	25
Калинкевич Н.В., Михайлова Ю.Ю. Поэлементный расчет газодинамических характеристик центробежного компрессора.	27
Красуля А.В., Коротенко С.В. Сравнительный анализ технических характеристик конструкций самодействующих клапанов по результатам эксперимента на стенде статических продувок.	28
Ващенко С.М. Использование методологии IDEF0 для разработки диаграмм декомпозиции механизма движения поршневого компрессора.	29
ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН	
Баранова І.В. Розвиток графічної комп'ютерної підготовки інженерів	31
И. В. Бубнов, С. А. Савченко, Д. И. Бубнов Использование универсальной системы технологического проектирования ТехноПро.	32
Насоненко н. в., Бубнов и. в. Оформление технологической документации и работа с графическими объектами в технопро	33
Артекова М.В, Ващенко С.М., Ермоленко И.В., Карпенко Н. Н. Применение SADT-технологий при проектировании сапр основных элементов механизма движения поршневого компрессора	34
Ващенко С.М., Концевич М. В. Разработка подсистемы сапр ведущего вала одноступенчатого цилиндрического редуктора	35
Дрягин Д.П., Сухоставец С.А. Автоматизированное проектирование годографов векторов скоростей и ускорений характерных точек рычажного механизма	36

Дрягин Д.П., Бобров А.Н. Функциональные возможности программы «ТММ-2» в задачах автоматизированного проектирования рычажных механизмов	37
Дрягин Д.П., Селивоненко С.Н. Структурное прогнозирование упругих колебаний в кривошипно-ползунном механизме	38
Концевич В.Г., Грекулов А.И. Разработка САПР корпусных деталей одноступенчатого прямозубого редуктора	39
Концевич В.Г., Руденко Д.В. Информационная поддержка процессов технологической подготовки производства	40
Кузнецов Э. Г. Численное решение основного уравнения смазки для газовой плёнки, образующейся в торцовом зазоре импульсного уплотнения	41
Никитин М.А., Иванов А.В. Разработка схем управления машин-автоматов с применением ЭВМ	42
Салтыкова О.И. Дистанционный курс «Инженерная и компьютерная графика»	43
Стрелец А.В. Разработка расчетных моделей деталей шаровых кранов	44
Кузнецов Э.Г., Неня В.Г., Чернов А.Е. Математическое моделирование работы торцового затворного уплотнения	45
Корогодина О.В., Чернов А.Е. Применение и расчеты импульсных торцовых уплотнений	46
Неня В.Г., Пузик Д.В. Разработка программной системы оптимизации	47
Соседов И.С., Неня В.Г. Моделирование составных поверхностей с помощью библиотеки OPENGL.	49
Неня В.Г., Кругляк В.А. Автоматизация функционального проектирования центробежных насосов	50
Неня В.Г., Кучеренко С.Н., Самойлик М.С. Разработка системной модели динамического расчета роторных машин.	51
Махоня С.В., Неня В.Г. Разработка системы контроля процессу проектирования машин	52

Чернов А.Е., Самойленко С.Н. Оптимизация конструкции гидродинамических опорных подшипников скольжения	53
Самойлик М.С., Неня В.Г. Розробка динамічних моделей багато-ступеневих відцентрових насосів	54
Неня В.Г., Беков О.А., Гаврилюк Д.Р., Любич В.Г., Туренко М.А. Використання програмного засобу MODEL VISON STUDIUM для навчального процесу	55
Щеглов С.А. Структурно-параметричне моделювання зубчастого циліндричного редуктора	56
ПРИКДАДНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	
Примакова И.В., Любич А.И. Теоретические обоснования разработки материалов для сварки чугуна	58
Голинко А.А., Любич А.И. Разработка состава наплавленного металла идентичного серому чугуна	59
Мороз А.С., Любич А.И. Исследование применения кальция в качестве сфероидизатора графита в наплавленном металле	60
Курило Н.А., Сигова В.И. Гафнирование твердосплавных режущих пластин	61
Шевченко В.С., Сигова В.И. Разработка прогрессивных технологий	62
Мартыненко Р.И., Пчелинцев В.А. Дослідження стійкості сталі 9ХС після термоциклічної обробки	63
Трояновская О.В., Пчелинцев В.А. Особенности сварки циркония его сплавов	64
Гапонова О.И., Пчелинцев В.А. Анализ причин разрушения трубопроводов паронагревателя	65
Ніконоров О.С. Історичний розвиток явища спадковості в металах	66
Плотніков О.О., Глоба Л.С., Скищок В.І. Спосіб та пристрій визначення градієнту точності металообробляючих верстатів з ЧПК	68

Долгих В.Ю. Дифузийне хромовання безвольфрамового твердого сплаву КХН15	70
МЕТАЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ И ИНСТРУМЕНТЫ	
Лагута Г.Г., Сизоненко Р.А. Комплексная оценка эффективности обработки резанием на основе характеристических функций	73
Залога В.А., Дядюра К.А., Сайко В.В., Ольховик В.А., Карбанов С.Н. К вопросу о повышении качества и конкурентоспособности бумагорезального оборудования применением на стадии их проектирования современных компьютерных технологий	74
Сединкин Л.М, Колюка В.П. Исследование контурного фрезерования на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ	75
Собокарь Д.Е. Повышение работоспособности инструментов, работающих в условиях неравномерного и прерывистого резания	76
Коротун Н.Н., Ольховик В.А. Программы расчета допусков гладких соединений и калибров	78
Коротун Н.Н., Шаповал Ю.В. Способы диагностики инструмента	78
Коротун Н.Н., Криворучко Д.В., Зинченко Р.Н., Шаповал Ю.В. Система технологического диагностирования инструмента	79
Коротун Н.Н., Запорожец О.В. Устройство для заточки сверл	80
Залога В.А., Ивченко А.В., Бойко А.А. К вопросу об оценке качества режущего инструмента и создании системы управления качеством процесса его эксплуатации	81
Дядюра К.А., Алещенко А.В. Оценка точности, стабильности и устойчивости процесса механической обработки методом попутного тангенциального точения	83
Криворучко Д.В., Бондаренко А.А. Обработка тонкостенных колец большого диаметра на токарных станках	85
Голдун Д.Г. Проблемы конструирования роторных токарных станков с тангенциальной схемой резания	86

Криворучко Д.В., Емельяненко С.С. Повышение точности и производительности сверления отверстий	87
Алексеев А.Н., Полев А.С. Определение весовых коэффициентов вопросов	88
Швец С.В., Яненко М.Б. Внутренние и внешние взаимодействия инструментальной системы	89
Швец С.В., Лебедь А.В. Выбор схемы срезания припуска при протягивани	89
Коротун Н.Н., Новиков А.В. Физические модели станков	90
Алексеенко Д.М., Серобаба А.В. Расширение технологических возможностей станков для заточки плоских ножей	92

ХИМИЯ

Манжос А.П., Манжос Л.С. Твердоконтактные ионоселективные электроды с внутренней окислительно-восстановительной системой	95
Никозять Ю.Б., Миронович Л.М., Иващенко О.Д. β -Дикетонаты переходных металлов как инициаторы фотополімеризації дивініл (триетиленгліколь)біс-о-фталата	96
Акиншин А.И., Миронович Л.М. Реакционная способность функциональнозамещенных 1,2,4-триазинов	97
Королев С.Д., Стеценко А.С., Манжос Л.С. Подземная коррозия металлов	98
Бажина И.Ю., Керусов В.В., Воробьева И.Г. Утилизация нефтесодержащих отходов	99
Марченко Л.И. Кинетические особенности кристаллизации	100

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

В.Я.Стороженко, А.С.Соляник Исследование процесса перемешивания сыпучих материалов в центробежном смесителе	103
Е.А.Ступина, Я.Э.Михайловский. К выбору способа хемосорбционной очистки углеводородного газа от кислых компонентов	104

Е.А.Ступина, Я.Э.Михайловский. Предпосылки к оптимизационному расчету процесса хемосорбции при очистке углеводородного газа от кислых компонентов	05
Л.Г.Кирный, Е.А.Яворская. Оптимизационный расчет процесса абсорбции со ступенчатым отводом тепла	106
В.И.Склабинский, А.А.Ляпощенко, М.В.Жерноклеева. Применение инерционно-фильтрующих элементов для повышения эффективности сепарационного оборудования нефтегазовой промышленности	107
В.И.Склабинский, В.А.Смирнов, А.П.Москальчук. Уменьшение энергозатрат в производстве этилового спирта	108
В.М.Маренок, В.И.Склабинский. Разработка грануляционного оборудования для малотоннажного производства гранулированных продуктов	109
Н.А.Кочергин, В.И.Склабинский. Выбор способа гранулирования пористой аммиачной селитры	110
А.П.Врагов, С.А.Соколович. Моделирование и расчет процесса гранулирования и сушки аммофоса в аппарате БГС	111
А.П.Врагов, С.В.Дудка. Моделирование процесса грануляции и сушки аммофоса в вертикально-секционированном аппарате кипящего слоя	112
А.П.Врагов, А.П.Шипик. Кристаллизационная установка для получения крупнокристаллического сульфата железа в производстве пигментной двуокиси титана	113
А.П.Врагов. Моделирование процессов кристаллизации и грануляции минеральных солей и удобрений в аппаратах со взвешенным слоем частиц	114
С.М.Яхненко. Выбор конструктивного исполнения насосного оборудования для нефтехимической промышленности	116
Н.П.Юхименко. Энергосберегающие аспекты технологии охлаждения	117
Н.П.Кононенко, В.Н.Покотыло, В.А.Осипов. Учет аспектов энергосбережения при внедрении грануляторов плава на агрегатах АС-67	118

Э.А.Карпович, А.В.Силич, А.А.Козельская. Изучение возможностей узла абсорбции отработанных сушильных газов при переходе цеха с выпуска аммофоса на выпуск диаммонийфосфата 119

Э.А.Карпович, Н.И.Малий, А.В.Силич, А.А.Козельская. Об использовании сирийских фосфоритов в производстве суперфосфата аммонизированного 121

Т.В.Карпенко, В.П.Новобранец. Разработка технологии получения жёлтых железистоокисных пигментов без использования металлического железа 123

А.Е.Золотарёв, К.В.Силич, Г.В.Дудина. Энергосбережение при разложении ильменитовых концентратов серной кислотой 124

ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Э.А. Карпович, Н.И. Малий, А.В. Силич, А.А. Козельская. Об использовании сирийских фосфоритов в производстве суперфосфата аммонизированного. 126

Золотарёв А.Е., Силич К.В., Дудина Г.В. Энергосбережение при разложении ильменитовых концентратов серной кислотой. 128

Карпенко Т.В., Новобранец В.П. разработка технологии получения жёлтых железистоокисных пигментов без использования металлического железа. 129

Э. А. Карпович, А. В. Силич, А. А. Козельская. Изучение возможностей узла абсорбции отработанных сушильных газов при переходе цеха с выпуска аммофоса на выпуск диаммонийфосфата. 130

Пляцук Л.Д., Вакал С.В., Сибирко Ю.А. Снижение техногенного воздействия на окружающую среду при производстве пигментной двуокиси титана. 132

Кардаш Е.Л., Рыбалов А.А. Перспективы эколого-транспортного мониторинга в г. Сумы. 133

Чіванов В.Д., Нагорна В.Л. Дослідження екологічної безпеки пестицидів нового покоління методом мас-спектрометрії. 134

- I. O. Трунова Структурно-функціональна математична модель розподілу кадмію та свинцю по профілю ґрунтів у районі відвалів фосфогіпсу. 135
- Андриенко Н.И. Использование алжирских фосфоритов в качестве сырья для производства фосфорных минеральных удобрений. 136
- Гладкая Л.А., Менина Е.И. Экологическме аспекты обеззараживания сточных вод методом УФ облучения. 137
- Пляцук Л.Д., Турченко О.А. Екологічно зорієнтований бізнес. 138
- Осадча Е.Н. Радіоактивне забруднення навколишнього середовища при добичи нафти та газу 139
- Тюленева В.О., Соляник І.В. Вплив нафтового забруднення на водопоглинальну здатність ґрунтів 140
- О.Є. Аверкова, Л.П. Лаврова Дослідження екологічної ролі сполук хрому. джерела надходження. розробка методів аналізу сполук хрому у відходах гальванічної дільниці. 141
- Лазненко Д.А., Клепче Л.В. Исследование техногенной нагрузки теплоэнергетических предприятий и методов её снижения на стадии водоподготовки 142
- Пляцук Л.Д., Странадко Н.В. Предотвращение потерь легких фракций углеводородов при добыче и подготовке нефти на нефтепромыслах Румынии и Украины. 143

ПРИКЛАДНАЯ ГИДРОАЭРОМЕХАНИКА

- О.В. Алексенко, А.В. Неня. Визначення рівня вібрації відцентрового насоса. 145
- О.В. Алексенко, В.Г. Неня, Д.М. Шифрин. Построение математических моделей типовых элементов центробежных насосов для макромоделирования. 146
- А.Г. Гусак, Е.Н. Коваленко, Г.М. Шамота. Гидравлические способы уменьшения массогабаритных показателей лопастных насосов. 147
- В.Н. Довгаленко, А.С. Игнатъев, В.В. Коломиец. Использование поршневых насосов сверхвысокого давления при гидросбиве окалины. 149

- А.А. Мишенин. Применение нейронных сетей для решения задач в машиностроении. 150
- А.Н. Гулый, С.В. Токарев, В.А. Панченко. Влияние внутренних щелевых уплотнений многоступенчатой турбомашинны на вибронадежность ее ротора 151
- А.Н. Гулый, В.А. Панченко, С.В. Токарев. Влияние внутренних щелевых уплотнений в многоступенчатых центробежных насосах с рабочими колесами плавающего типа на их надежность. 152
- Э.В. Колисниченко. Перекачивание газожидкостных смесей центробежным насосом с двухлопастным рабочим колесом. 153
- Н.И. Волков, А.А. Папченко. Возможности повышения производительности многофункционального теплогенерирующего агрегата. 154
- А.А. Евтушенко, И.П. Каплун. О попытках повышения напорности малогабаритных осевых ступеней путем комбинированного использования различных рабочих процессов. 156
- С.И. Макивский, А.А. Руденко, И.Б. Твердохлеб. Сменные ротора турбомашин – перспективное направление их развития 158
- Елин А.В., Каплун И.П. Использование ступеней с различной геометрией как способ расширения зоны устойчивой работы многоступенчатого осевого насоса. 159
- В.В. Дубинский, С.П. Кулинич. Учет сил трения при анализе динамики гидроприводов. 161
- Ткачук Ю.Я. Увеличение удельного энергопотребления по мере износа оборудования. 163
- О. І. Котенко, Ю.Ю. Поляков. Підвищення ефективності роботи насосногообладнання цукрових заводів. 165

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ

научно-технической конференции
преподавателей, сотрудников,
аспирантов и студентов
инженерного факультета

Ответственный за выпуск Ю.И.Сердюк

Стиль и орфография авторов сохранены.

Подписано к печати 13.04.04. Формат 60x84 1/16. Уч.-изд.л. 12,6

Тираж 70 экз.

Заказ № 182.

Бесплатно.

Усл. печ. л. 10,23.

Изд-во СумГУ. 40007, г. Сумы, ул. Римского - Корсакова

Типография СумГУ. 40007, г. Сумы, ул. Римского - Корсакова

SUMY STATE UNIVERSITY

