



Федеральное агентство по образованию
Министерство образования и науки
Российской Федерации
Тамбовский государственный технический
университет

СБОРНИК СТАТЕЙ СТУДЕНТОВ, БАКАЛАВРОВ И МАГИСТРАНТОВ

Выпуск 6

Тамбов
2006

УДК 04
ББК Я43
С 23

Ответственный за выпуск –
к.х.н., доц., зав. отделом магистратуры и бакалавриата
Корчагина О. А.

Сборник статей студентов, бакалавров и магистрантов. Выпуск VI. – Тамбов: ТОГУП «Тамбовполиграфиздат», 2006. – 138 с.

ISBN 5-94359-032-3

В сборник включены научные статьи студентов-магистрантов Тамбовского государственного технического университета.

Предназначен для преподавателей, аспирантов и студентов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

УДК 04
ББК Я43

ISBN 5-94359-032-3

© Тамбовский государственный технический университет, 2006

Направление 150400

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Магистерская программа 150400.02

Теория механизмов и машин

Руководитель программы д.т.н., проф. Ванин В. А.

Денисова И. А., Никитин Д. В., Селиванова П. И.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РАЗВИТИИ ЖИДКОСТНОКОЛЬЦЕВЫХ ВАКУУМНЫХ НАСОСОВ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Родионова Ю.В.

*ТГТУ, Кафедра «Теория механизмов, механизмов
и детали машин»*

В настоящее время трудно назвать отрасль промышленности, науки и техники, на развитие которой не оказало прогрессивного влияния использование вакуума, поэтому разработка и изготовление вакуумных насосов занимает важное место в машиностроении.

Для получения низкого вакуума в широком диапазоне быстроты действия наибольшее распространение получили жидкостнокольцевые вакуум-насосы (ЖВН), относящиеся к группе механических насосов. Эти

насосы отличаются простотой конструкции, надежностью в эксплуатации и низким уровнем шума [1]. Протекание процесса сжатия в них с интенсивным теплообменом позволяет откачивать легко разлагающиеся, полимеризующиеся, воспламеняющиеся и взрывоопасные газы и смеси, а также откачивать газы, содержащие пары, капельную жидкость и даже твердые инородные включения. Соответствующий подбор рабочей жидкости обеспечивает откачивание агрессивных газов (например, для перекачивания хлора используют серную кислоту) и не загрязняет откачиваемые газы и объемы парами масел. В России жидкостнокольцевые насосы в настоящее время производятся на более чем 30 предприятиях, но специализирующимся по этому виду продукции является лишь одно - ЗАО «Беском». Остальные предприятия производят по одному или двум типоразмерам той или иной конструкции ЖВН. Одним из существенных недостатков ЖВН является относительно низкий КПД - 30 - 40% для отечественных машин. КПД зарубежных ЖВН составляет 50 - 55%, а выпуск их осуществляется только на специализированных заводах. Крупнейшими разработчиками и производителями, так сказать, «законодателями моды» этого класса вакуум-насосов являются фирмы «Siemens und Hirsch», «Sihi», «Wedag» (Германия), «Nash» и «DVT» (объединение 10 специализированных заводов, штат Мичиган) (США), «Finder Pompe SpA» и «Bosco» (Италия), «Hibon» и «Neupric» (Франция).

Теоретическая оценка этих машин показала, что для них может быть получен изотермический КПД на уровне 65%. Разница теоретически возможного и фактически реализуемого КПД говорит о малой изученности процессов, происходящих в ЖВН, и о больших резервах увеличения их эффективности. Незначительное отклонение в форме и расположении верхней кромки нагнетательных окон приводит к существенному изменению характеристики вакуум-насоса, особенно в области больших степеней сжатия, которые необходимы в конструкциях, позволяющих получать более глубокий предельный вакуум. Конструктивно наиболее экономически целесообразным получение больших степеней сжатия возможно с помощью двухступенчатых ЖВН [2]. Западные фирмы производят двухступенчатые ЖВН модульного типа, которые представляют собой единую конструкцию последовательно соединенных ступеней, имеющих одинаковые размеры в поперечном сечении. Выпуск двухступенчатых ЖВН в нашей стране серийно не осуществляется.

Из изложенного видно, что необходима разработка новых конструкций ЖВН разной быстроты действия, разного диапазона предельного вакуума и возможность использования разных рабочих жидкостей. Для решения данных задач на кафедре «Теория механизмов и деталей машин» разработаны следующие конструкции: ЖВН, имеющий конструкцию, при

которой снижается перетекания газовой среды из нагнетательной во всасывающую полость через зазоры по торцам рабочего колеса, достигаемого за счет дополнительной подачи рабочей жидкости через каналы лопаток в зону, находящуюся между нагнетательным и всасывающим окнами по ходу вращения рабочего колеса, что позволяет повысить быстрота действия, глубину вакуума и коэффициент полезного действия жидкостнокольцевой машины (заявка № 2004130046); ЖВН, имеющий конструкцию, при работе которой на различных режимах устанавливается определенное проходное сечение нагнетательного окна, уменьшающее сопротивление газовых потоков в начальный момент вакуумирования и поддерживающее давление нагнетания больше атмосферного до определенного конечного момента вакуумирования, регулируемого с помощью изменения положения заслонки, что позволяет повысить быстрота действия и коэффициент полезного действия жидкостнокольцевой машины (заявка № 2005116616); двухступенчатый ЖВН, имеющий конструкцию с одинаковыми диаметрами рабочих колес первой и второй ступени, приводящее к увеличению быстроты действия и коэффициента полезного действия (заявка № 2004130045); ЖВН, имеющий конструкцию, способную повысить коэффициент полезного действия за счет снижения трения жидкостного кольца о внутреннюю поверхность корпуса и достижение стабильности его геометрии за счет равенства окружных скоростей корпуса и рабочего колеса в зоне их максимального сближения (заявка № 20051178660).

Список литературы

1. Ротационные компрессоры / А.Г. Головинцев, В.А. Румянцев, В.М. Ардашев и др. – М.: Машиностроение. 1964.
2. Фролов Е.С., Минайчев В.Е., Александрова А.Т. Вакуумная техника. – М.: Машиностроение, 1985.

Приводы и системы управления технологическими машинами и оборудованием

Руководитель программы д.т.н., проф. Ванин В. А.

Глинкин А. А.

ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ ОБКАТА ЗУБОШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ КОНИЧЕСКИХ КОЛЕС С ПРЯМЫМИ ЗУБЬЯМИ

Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Ванина В. А.

*ТГТУ, Кафедра «Технология машиностроения,
металлорежущие станки и инструменты»*

Конические зубчатые колеса имеют сложную конфигурацию, вследствие чего они подвержены значительному деформированию при термической обработке.

В связи с повышением угловых скоростей и необходимостью соблюдения плавности и бесшумности передач применяют отделку закаленных зубьев шлифованием.

Шлифованием достигается высокая степень точности конических колес средних размеров - с модулем до 6 мм и диаметром до 200 мм.

Все станки для шлифования зубьев прямозубых конических колес имеют сложные разветвленные многозвенные механические переналаживаемые кинематические цепи значительной протяженности и работают по методу единичного деления, что отрицательно отражается на точности шлифования.

Структура кинематических цепей в значительной степени определяет конструктивную сложность станка, методы его настройки, оказывает существенное влияние на жесткость, точность, виброустойчивость, производительность станка и его металлоемкость.

К наиболее существенным недостаткам кинематических цепей, состоящих из механических звеньев, относятся:

- значительная протяженность и громоздкость кинематических цепей, особенно при сложном пространственном расположении рабочих

органов и при больших расстояниях между исполнительными органами станка;

- непостоянная крутильная жесткость кинематических цепей, которая зависит от протяженности цепи, количества и жесткости стыков кинематических пар, составляющих цепь;

- индивидуальное проектирование и построение внутренних кинематических цепей под каждую отдельную компоновку станка одного и того же типа и назначения, но разного габарита.

При рациональном построении внутренних кинематических цепей станков, достижение высокой кинематической точности кинематических цепей станков может быть реализовано уменьшением до возможного предела погрешностей составляющих звеньев цепи и выбором такой кинематической схемы и ее звеньев, которые делают возможным минимальное влияние этих погрешностей и обеспечивают значительное уменьшение отдельных составляющих суммарной погрешности кинематической цепи.

Уменьшение отдельных составляющих суммарной погрешности возможно осуществить следующими способами:

- обеспечением необходимой и достаточной точности делительных червячных передач;

- обеспечением необходимой точности промежуточных звеньев кинематических цепей формообразования (зубчатые колеса, подшипники и т.п.);

- рациональным построением кинематической цепи с целью уменьшения влияния погрешности ее элементов. Это достигается тем, что кинематическую цепь целесообразно составлять из возможно меньшего числа промежуточных звеньев, так как их погрешности суммируются.

Одним из возможных способов повышения точности внутренних кинематических цепей и сохранения ее в процессе эксплуатации является сокращение протяженности цепей, что ведет к значительному снижению металлоемкости станков за счет создания высокоточных приводов, обеспечивающих возможность непосредственного соединения двигателя с заготовкой и инструментом, исключая при этом коробки скоростей, коробки подач, промежуточные механические передачи и звенья.

Сокращение протяженности кинематической цепи с целью повышения точности, жесткости станка, уменьшения металлоемкости и массы станка, может быть достигнуто применением гидравлических связей, выполненных в виде гидравлического шагового привода.

В качестве исполнительных силовых органов в гидравлических связях используются гидравлические шаговые двигатели, преобразующие последовательность гидравлических импульсов управления в дискретные угловые или линейные перемещения, при этом скорость вращения и сум-

марный угол поворота выходного вала шагового гидродвигателя пропорциональны соответственно частоте и количеству поданных управляющих импульсов; при отсутствии входных сигналов звено удерживается в зафиксированном положении [2].

На рис. 1 представлена структурная схема гидравлической цепи обката зубошлифовального станка для шлифования конических колес с прямым зубом.

Станок включает в себя инструмент 6, размещенный на люльке 5 и совершающий вращательное движение от электродвигателя 1 через звено настройки i_v , взаимодействуя со столом заготовки 7 по цепи обката (деления), выполненной в виде гидравлической связи на основе гидравлического шагового привода.

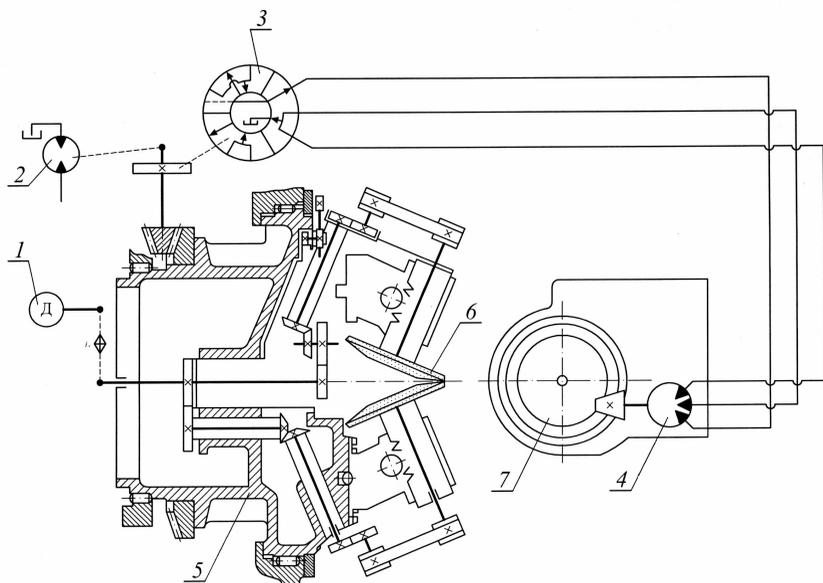


Рис. 1. Структурная схема гидравлической цепи обката зубошлифовального станка для шлифования конических колес с прямым зубом

Люлька получает вращение от гидравлического двигателя 2, кинематически связанного с ней посредством конической зубчатой передачи. Шаговый гидродвигатель 4 управляется генератором гидравлических импульсов 3, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение от приводного зубчатого колеса.

Вращение стола заготовки 7 осуществляется шаговым гидродвигателем 4 посредством конической зубчатой передачи, и управляемым

генератором гидравлических импульсов 3. Золотниковая втулка с рабочими щелями этого генератора получает вращение от зубчатого колеса, закрепленного на одном валу с шестерней конической передачи люльки 5 и получающей вращение от гидродвигателя 2.

Список литературы

1. Федотенок А.А. Кинематическая структура металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1970. - 403с.
2. Ванин В.А., Мищенко С.В., Трифонов О.Н. Кинематические связи в металлорежущих станках на основе гидравлического шагового привода. М.: Машиностроение-1, 2005. - 328с.
3. Писманик К.М., Шейко Л.И., Денисов В.М. Станки для обработки конических зубчатых колес. М.: Машиностроение, 1993. - 184с.
4. Кедринский В.Н., Писманик К.М. Станки для обработки конических зубчатых колес. М.: Машиностроение, 1967. - 578с.

Сундуков А. С.

КОПИРОВАЛЬНЫЙ ПРИВОД СТАНКА НА ОСНОВЕ ПРИВОДА МИКРОПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Лучкина В. К.

ТГТУ, Кафедра «Технология машиностроения,
металлорежущие станки и инструменты»

В копировальных приводах станков для повышения точности обработки целесообразно использовать привод микроперемещений.

Одним из наиболее перспективных вариантов является использование электрогидравлического дискретного привода микроподач.

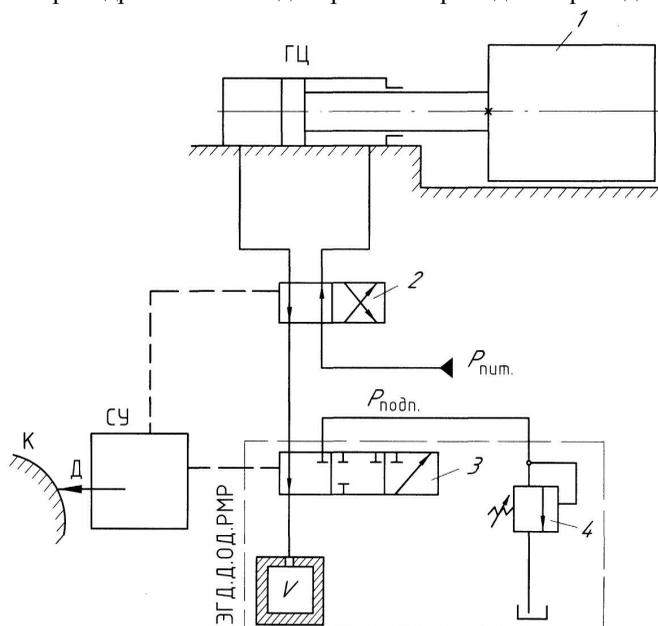


Рис. 1. Схема электрогидравлического дискретного привода микроподач

Структуру исполнительной части электрогидравлического дискретного привода микроподач и принцип его работы рассмотрим на конкретном примере. Схема исполнительной части привода (двигателя, блока реверса и однозарядного регулятора расхода) показана на рис. 1 (на схеме распределители 2 и 3 обозначены специально без указания способа управления, а гидроцилиндр ГЦ имеет общее обозначение). Перемеще-

ние гидроцилиндра и исполнительного органа l шаговое, причем величина микро-шага зависит от давлений $P_{\text{пит.}}$ и $P_{\text{подп.}}$ (рис. 1), упругих свойств рабочей жидкости, от геометрических размеров гидроцилиндра, замкнутой камеры V и других параметров. Скорость гидроцилиндра (как и во всех шаговых приводах) определяется частотой следования шагов, т.е. частотой управления.

Цикл шагового перемещения состоит из двух этапов: сначала рабочая жидкость сжимается (аккумулируется) в сливной гидролинии и в отключенной от бака камере V под действием давления в напорной полости цилиндра $P_{\text{пит.}}$ (при этом поршень гидроцилиндра смещается); затем камера V переключается со сливной полости гидроцилиндра на бак через подпорный клапан 4, аккумулированный объем жидкости высвобождается и давление в камере V падает. Далее следует новый цикл. Цикл повторяется в результате непрерывного переключения гидрораспределителя 3 и попеременного соединения камеры V со сливной полостью гидроцилиндра и с баком. Гидрораспределитель 2 предназначен для выбора и изменения направления движения. Схема на рис. 1 отражает первый этап цикла шагового перемещения; при этом правая полость гидроцилиндра является напорной, а левая сливной.

Для предотвращения утечек, являющихся основным препятствием осуществления малых расходов рабочей жидкости в объемном гидроприводе применяют элементы типа сильфонов, мембран. Применяют схемы высокогерметичного сильфонного гидроцилиндра и один из вариантов электрогидравлического дискретного объемнодозировующего регулятора малых расходов (ЭГД.Д.ОД.РМР).

Система управления СУ электрогидравлическим дискретным приводом микроподач включает в себя генератор импульсов, блок режимов, счетчик-ограничитель, блок управления реверсом, блок логики, блок усилителей, мощности, систему обратной связи, блок формирования сигнала и блок формирования релейной характеристики.

При работе в следящем (замкнутом) режиме используются все блоки, кроме счетчика-ограничителя, а в разомкнутом - не используются система обратной связи, блок формирования сигнала и блок формирования релейной характеристики.

В качестве копировального прибора использован стандартный индуктивный датчик Д(находится в контакте с копиром К), а в качестве исполнительной части блок реверса из двух гидрораспределителей 6Ц151 (на схеме условно вместо них распределитель 2) и одноразрядный электрогидравлический двигатель.

Привод может работать как в режиме непрерывного слежения, так и в режиме позиционирования по жесткому упору, а также по программе

чисто электрическим путем смещением зоны нечувствительности в ту или другую сторону [1,2].

Данный привод может использоваться в различных копировальных станках для повышения точности обработки изделий.

Список литературы

1. Сосонкин В.Л., Лучкин В.К. Исследование цифрового дискретного гидропривода малых перемещений и скоростей металлорежущих станков. – В кн.: Организация и исследование в области повышения эффективности программного управления в машиностроении: Тез. докл. 7-й республиканской науч.-техн. конф.

2. Сосонкин В.Л., Лучкин В.К., Горелкин И.И. Электрогидравлический дискретный привод микроподачи для прецизионных станков.-Станки и инструменты, 1987, №4, с.7-9.

Козадаев А. М.

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ПРИВОДОВ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ МУФТАМИ

Работа выполнена под руководством к.т.н. доц. Фидарова В. Х.

*ТГТУ, Кафедра «Технология машиностроения,
металлорежущие станки и инструменты»*

Главный привод большинства типов металлорежущих станков выполняют на основе коробки скоростей и нерегулируемого или регулируемого двигателя. В главных приводах с широким диапазоном регулирования скорости можно выделить так называемый «оперативный» диапазон. Величина оперативного диапазона определяется обычно диапазоном изменения выходной скорости привода, который достаточен для экономичной обработки на станке типовой детали. Скорость в оперативном диапазоне изменяется за счет основной группы зубчатых передач. Оперативный диапазон в пределах общего сдвигается путем переключения передач переборной группы. Переключение зубчатых передач основной группы, к которому в процессе обработки приходится часто прибегать, стремятся сделать наиболее легким и удобным. У станков, для которых характерны многопереходные операции с частым изменением выходной скорости главного привода, передачи в оперативном диапазоне чаще всего переключаются с помощью многодисковых электромагнитных муфт.

Коробки скоростей и подачи с электромагнитными муфтами называют автоматическими коробками. Автоматические коробки скоростей используют для изменения частоты вращения шпинделя в токарных автоматах и полуавтоматах, токарно-револьверных, токарно-копировальных и токарно-карусельных станках, а также в большинстве станков с программным управлением!

Система привода включает нерегулируемый двигатель автоматическую коробку скоростей, схему управления двигателем и коробкой, встраиваемую в электрошкаф станка. Схема управления имеет один или несколько параллельных входов для управляющих сигналов, которые могут поступать либо от автоматического устройства, либо от ручного пульта, либо от системы программного управления.

Автоматические коробки скоростей, практически сохраняя классическую нагрузочную характеристику главного привода (обратно пропорциональную зависимость между выходной скоростью и моментом), придают приводу свойства регулируемого, позволяя производить дискретное

изменение частоты вращения на ходу под нагрузкой, а также сосредоточить в механической передаче при нерегулируемом двигателе все прочие функции оперативного управления — пуск, торможение и реверсирование с высоким качеством переходных процессов по скорости.

Для ступенчатого изменения величины подачи применяют автоматические коробки передач с электромагнитными муфтами (например, токарно-карусельные, токарно-револьверные станки и др.). Автоматические коробки скоростей и передач имеют ряд преимуществ по сравнению с коробками, имеющими передвижные блоки зубчатых колес. Дистанционное управление коробок позволяет вынести пульт управления (или командо-аппарат) в наиболее доступное место, что увеличивает удобство работы на станке, а переключение ступеней скорости и передач без применения усилий с помощью кнопок или клавишей, уменьшает утомляемость рабочего. Значительно сокращается вспомогательное время, необходимое для переключения ступеней скорости и передач, так как это производится без останова станка. Ступени скорости можно переключать в процессе резания, что позволяет получить приблизительно постоянную скорость резания при обработке деталей с большим перепадом диаметров. При введении следящего устройства можно получить автоматическую регулировку скорости резания в зависимости от обрабатываемого диаметра или по заданному закону, причем автоматизация осуществляется весьма просто, так как датчик скорости воздействует непосредственно на схему, применяемую для ручного управления.

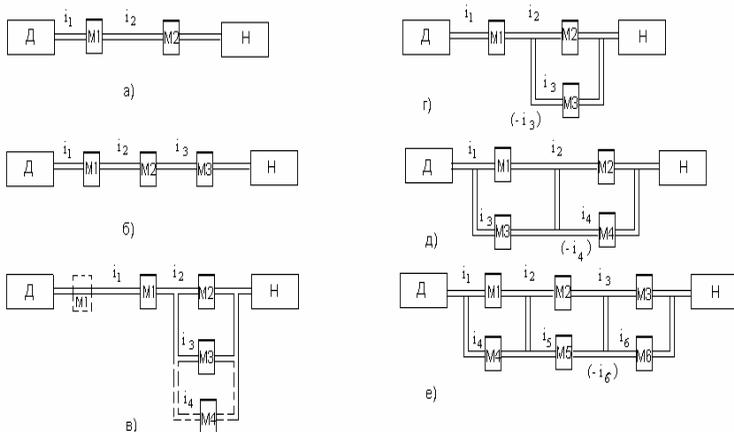
Следует отметить противоперегрузочную способность автоматических коробок скоростей, гарантирующую детали главного привода от поломок. Обеспечивая легкую управляемость главного привода и автоматизацию несложной разомкнутой системой релейного (контактного или бесконтактного) управления, автоматические коробки, вероятно, вытеснят коробки скоростей с передвижными блоками зубчатых колес в металлорежущих станках. Укреплению позиций такой системы главного привода будет способствовать резкое уменьшение размеров асинхронных двигателей в серии А4 намеченное уменьшение размеров бесконтактных электромагнитных муфт ЭТМ...4 на базе качественного улучшения их конструкции и производства, а также совершенствование и удешевление бесконтактных схем управления на основе полупроводниковой техники.

Для системы привода с автоматическими коробками интерес представляет рассмотрение переходных процессов в приводе при регулировании скорости выходного звена. Протекание переходных процессов в такой системе привода в общем случае определяется характеристиками муфт, характеристиками двигателя, статистическими сопротивлениями, упругими и инерционными параметрами механической передачи, статической и динамической нагрузкой на выходном звене. При кон-

струировании привода, регулируемого в механической передаче, важнейшей задачей является выбор муфт в зависимости от требований, предъявляемых к приводу.

Для коробок подач муфты чаще всего выбирают по наибольшему статическому моменту, приведенному к муфте, так как переключение подач осуществляется, как правило, без нагрузки, а скорости валов коробки подач невысоки и, следовательно, невелика мощность, передаваемая муфтами. Критерием для выбора муфт коробок скоростей служат в первую очередь динамические и энергетические характеристики, т. е. скорость срабатывания муфт и их теплорассеивающая способность. Для определения влияния муфт на характеристики главного привода рассмотрим переходные процессы по скорости шпинделя в главном приводе с автоматической коробкой скоростей и асинхронным электродвигателем.

Каждое значение скорости шпинделя определяется комбинацией передач, замыкаемых включенными муфтами. В кинематике системы можно выделить элементарные структурные схемы, образуемые муфтами, участвующими в переходном процессе. В процессе разгона шпинделя могут участвовать две или три муфты, соединенные в



Структурные схемы привода

кинематической цепи последовательно (рис. а, б). В процессе торможения участвуют соединенные параллельно-последовательно три, четыре

или пять муфт в зависимости от числа множительных элементов коробки и числа муфт в выходном звене (рис. в). В процессе переключения ступеней шпинделя участвуют две ($M2$ и $M3$), соединенные параллельно муфты, или четыре, шесть муфт, соединенные в кинематической цепи параллельно-последовательно (рис. д,е). Процессам реверсирования соответствуют те же схемы, но в этом случае передаточное отношение к одной из включаемых муфт отрицательно.

При рассмотрении переходных процессов по скорости в многомуфтовых системах главного привода станков будем полагать механическую задачу абсолютно жесткой, так как влияние ее упругих параметров на переходные процессы по скорости невелико. Динамические характеристики муфт удобнее всего представлять в форме временной характеристики, описывающей зависимость вращающего момента муфты во времени при подаче управляющего сигнала. Вид временной характеристики электромагнитной муфты в большей степени зависит от режима питания катушки в течение электромагнитного переходного процесса. Естественная временная характеристика, получающаяся при постоянном номинальном напряжении на катушке муфты в течение переходного процесса, имеет наименьшую скорость нарастания вращающего момента муфты. Форсированные характеристики, при которых скорость нарастания вращающего момента увеличивается, получаются за счет повышения напряжения на катушке муфты на время переходного электромагнитного процесса. Дальнейшей задачей является составление математической модели привода ее исследование.

Список литературы

1. Михайлов О. П. «Электромагнитные и магнитные устройства станкостроение»
2. Воробьев Т. М. «Электромагнитные муфты»
3. Лурье З. Я. «Динамические процессы в системах автоматического управления с электромагнитными муфтами»

Информационные системы технологических машин

Руководитель программы д.т.н., проф. Малыгин Е. Н.

Мокрозуб В. Г., Лебедев А. А.

ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАССЕТНОЙ ПРЕСС-ФОРМЫ

Работа выполнена под руководством к. т. н., доц., Мокрозуба В. Г.

*ТГТУ, Кафедра «Автоматизированное проектирование
технологического оборудования»*

Цели информационной системы автоматизированного проектирования пресс-форм для литья пластических масс под давлением:

- 1) Построение чертежей детали.
- 2) Построение сборочных чертежей.
- 3) Составление спецификаций.

Исходными данными для системы являются:

- 1) Параметры инжекционной машины.
- 2) Форма детали.
- 3) Количество гнезд в форме.

Структура системы представлена на рисунке 1.

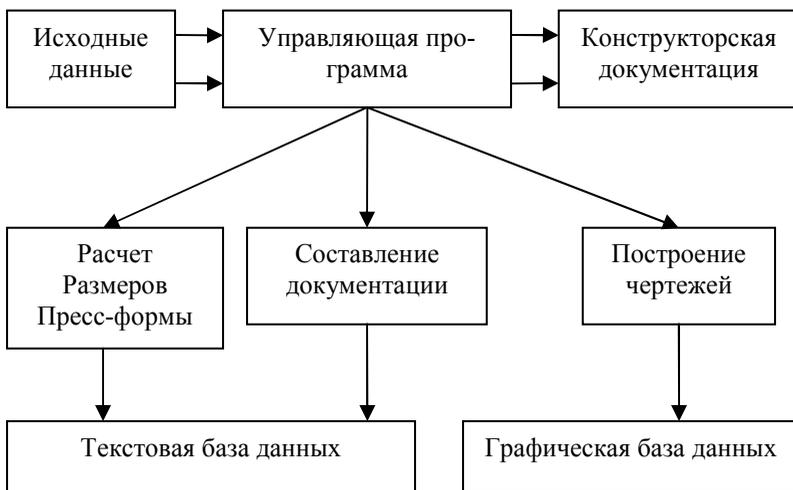


Рис. 1. Структура информационной системы

Информационная система автоматизированного проектирования пресс-форм для литья пластических масс под давлением состоит из следующих частей(модулей):

- 1) Модуль расчета размеров пресс-формы.
- 2) Модуль построения чертежей.
- 3) Модуль составления документации.

Размеры пресс-формы рассчитываются на основании информационно-логической модели. Основными элементами информационно-логической модели являются:

$F = \{f_i\}$ – множество деталей пресс-формы, $P = \{p_i\}$ – параметры отдельного элемента. $O = \{o_i\}$ – множество отверстий детали пресс-формы, $L = \{l_i\}$ – множество расстояний между осями симметричных отверстий.

При выполнении определенных условий, совокупности $(f_i, p_j, f_i, o_j, p_i, f_i, l_j)$ и т.п.) принимают определенное значение.

Элементы пресс-формы:

- f_1 – толкатель центральный
- f_2 – выталкиватель
- f_3 – плита толкателей
- f_4 – плита прижима
- f_5 – плита каркаса
- f_6 – втулка

Элемент f_1 – толкатель центральный

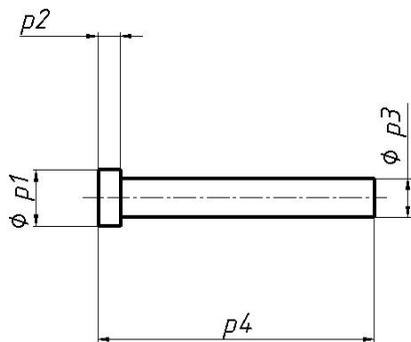


Рис. 2. Толкатель центральный

Параметры:

p_1 – диаметр головки

p_2 – высота головки

p_3 – диаметр стержня

p_4 – общая длинна

Ограничения:

$p_1 > p_3 + 1$ Т.е. диаметр головки всегда больше диаметра стержня
Элемент f_2 – выталкиватель

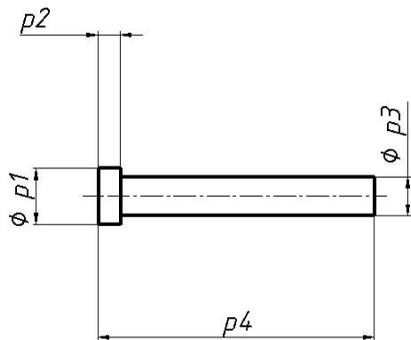


Рис. 3. Выталкиватель

Параметры:

p_1 – диаметр головки

p_2 – высота головки

p_3 – диаметр стержня

p_4 – общая длинна

Ограничения:

$p_1 > p_3 + 1$ Т.е. диаметр головки всегда больше диаметра стержня

Элемент f_3 – плита толкателей

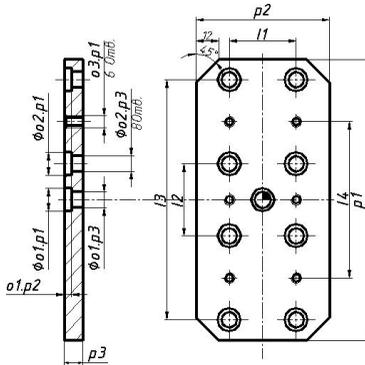


Рис. 4. Плита толкателей

Параметры:

p_1 – общая высота

p_2 – общая ширина

p_3 – общая толщина

o_1 – отверстие под центральный толкатель

$o_1.p_1$ – диаметр под головку

$o_1.p_2$ – высота под головку

$o_1.p_3$ – диаметр под стержень

o_2 – отверстия под выталкиватели

$o_2.p_1$ – диаметр под головку

$o_2.p_2$ – высота под головку

$o_2.p_3$ – диаметр под стержень

o_3 – отверстия под болты(резьба)

$o_3.p_1$ – диаметр отверстия

l_1 – расстояние между вертикальными осями симметричных отверстий под выталкиватели

l_2 – расстояние между горизонтальными осями ближних к центру симметричных отверстий под выталкиватели

l_3 – расстояние между горизонтальными осями дальних от центра симметричных отверстий под выталкиватели

l_4 – расстояние между горизонтальными осями симметричных отверстий под болты

Ограничения:

$o_1.p_1 > o_1.p_3 + 1$ Т.е. диаметр головки всегда больше диаметра стержня.

$o_2.p_1 > o_2.p_3 + 1$ Т.е., диаметр головки всегда больше диаметра стержня.

$l_1 > o_2.p_1 + 2$ Т.е., по горизонтали, отверстия под выталкиватели не пересекаются.

$l_1 < p_2 - o_2.p_1 - 2$ т.е., по горизонтали, отверстия под выталкиватели не выходят за границы пресс-формы.

$l_2 > o_2.p_1 + o_3.p_1 + 2$ Т.е. ближние к центру отверстия под выталкиватели не заходят на отверстия под болты.

$l_3 > l_4 + o_3.p_1 + o_2.p_1 + 2$ Т.е. дальние от центра отверстия под выталкиватели не заходят на отв. под болты.

Если $l_1 < f_3.p_2 - 30$ то $l_3 < f_3.p_1 - 2$ иначе $l_3 < f_3.p_1 - 12$ Т.к. углы пресс-формы скошены.

Представленная выше часть ИЛМ содержит в себе описание деталей и их параметров, а также ограничения накладываемые на геометрию деталей. Правила сборки указывают – какие именно значения должны принимать параметры элементов. Например, если для всей выталкивающей части принять диаметр выталкивателя = 10, то автоматически изменятся и все значения параметров деталей, так или иначе использующие этот размер. Таким образом ИЛМ полностью описывает детали выталкивающего блока, их параметры и значения, которые принимают параметры элементов в зависимости от различных условий.

Мокрозуб В. Г., Незнанов А. Н.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ВАНН

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Мокрозуба В. Г.

ТГТУ, Кафедра «Автоматизированное проектирование технологического оборудования»

Гальванические ванны применяются для различных видов химических и электрохимических покрытий металлов, для защиты их от коррозии и износа. Цель информационной системы автоматизированного проектирования гальванических ванн:

1. Построение чертежей детали
2. Построение сборочных чертежей
3. Составление спецификации

Исходными данными для информационной системы являются:

1. Размеры ванны
2. Химические свойства среды

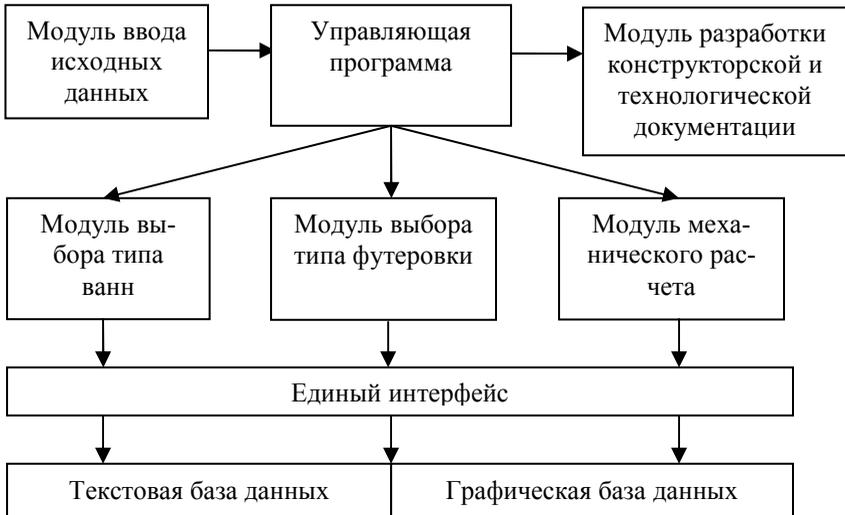


Рис. 1. Структура информационной системы

Структура информационной системы автоматизированного проектирования гальванических ванн представлена на рисунке 1.

Информационная система содержит следующие модули:

Модуль выбора типа ванн:

Выбор типа ванн зависит от массовости выпуска деталей, вида покрытия деталей, а также от принятого технологического процесса.

Для подготовки поверхности деталей и для нанесения покрытий в гальванических цехах применяются:

- а) немеханизированные ванны;
- б) колокольные и барабанные ванны;
- в) полуавтоматические установки;
- г) автоматические и конвейерные установки.

Модуль выбора типа футеровки. Футеровка выбирается на основании химических свойств среды.

Модуль механического расчета: проверяются на прочность выбранные типы ванн и выявляются слабые места, требующие укреплений.

Текстовая база данных: в ней находятся материалы, оборудование, документы.

Графическая база данных: содержит стандартные параметрические 3D модели и чертежи элементов конструкции ванн.

Основой построения чертежей ванн, выбора типа ванн и типа футеровки является информационно – логическая модель (ИЛМ).

Рассмотрим основные элементы ИЛМ на примере ИЛМ, предназначенной для построения чертежей стенки (рисунок 2)

Основными элементами ИЛМ являются: реестр элементов, реестр признаков, правила и ограничения.

$E = \{e_{ij}\}$ – множество элементов ванны

$P = \{e_i, p_{ij}\}$ – признаки отдельного элемента.

Элементы ванны:

e_0 - ванна

e_1 - передняя стенка

e_2 - задняя стенка

e_3 – правая стенка

e_4 – левая стенка

e_5 – днище

e_6 – сливной штуцер

e_7 – прокладка

e_8 – ребра жесткости

e_9 – швеллер

e_{10} – подставки для ванны

Реестр признаков отдельных элементов

Параметры ванны:

e_{0,p_1} – длина ванны L_0 ;

$e_{0.p\ 2}$ – ширина ванны G_0 ;
 $e_{0.p\ 3}$ – высота ванны H_0 ;
 $e_{0.p\ 4}$ – объем ванны V ;
 $e_{0.p\ 5}$ – число стенок N ;
 $e_{0.p\ 5}$ – время слива T м³/час

Параметры стенки:

$e_{1.p\ 1}$ – тип стенки;
 $e_{1.p\ 2}$ – материал стенки
 $e_{1.p\ 3}$ – длина стенки L_1
 $e_{1.p\ 4}$ – ширина стенки G_1
 $e_{1.p\ 5}$ – высота стенки H_1
 $e_{1.p\ 6}$ – высота стенки внешняя H_{12}
 $e_{1.p\ 7}$ – высота отбортованной стенки H_{13}
 $e_{1.p\ 8}$ – длина борта K_1
 $e_{1.p\ 9}$ – толщина стенки s_1
 $e_{1.p\ 10}$ – внутренний радиус скругления R_{vn1}
 $e_{1.p\ 11}$ – наружный радиус скругления R_{nar1}

Для стенок 2, 3, 4 аналогично.

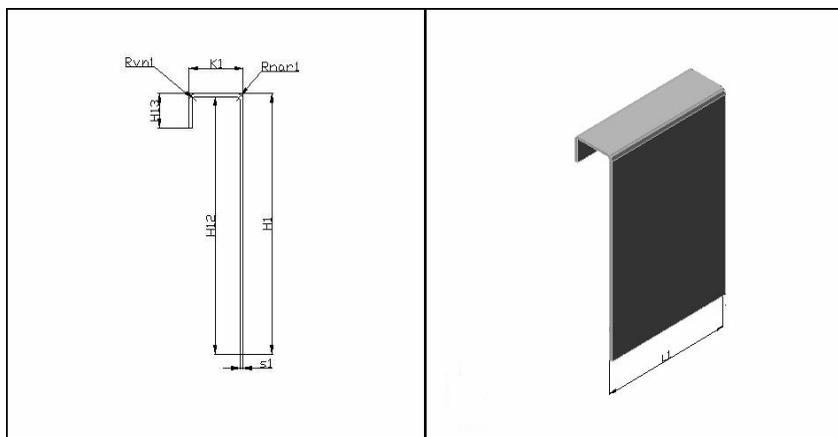


Рис. 2

Правила и ограничения определения размеров стенки

Ограничение 1 (определение внешней высоты H_{12})

$$e_{1.p\ 6} = e_{1.p\ 5} - e_{1.p\ 9}$$

Ограничение 2 (определение длины борта K_1)

$$e_{1.p\ 8} = 65 \text{ мм}$$

Ограничение 3 (определение высоты отбортованной стенки H_{13})

$$e_{1.p\ 7} = 40 \text{ мм}$$

Ограничение 4 (внутренний радиус скругления R_{vn_i})

$e_{l.p_{10}} = 4$ мм

Ограничение 5 (наружный радиус скругления R_{nar_i})

$e_{l.p_{11}} = 8$ мм

Правило 1(выбор толщины стенки):

Если $e_{l.p_5} > 800$ и $e_{l.p_5} < 2500$ то

$e_{l.p_9} = 4$ мм.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

Работа выполнена под руководством к.т.н. Егорова С. Я.

ТГТУ, Кафедра «Автоматизированное проектирование
технологического оборудования»

Введение

Размещение трубопроводной арматуры (ТА) является одной из задач проектирования химических производств, которая до настоящего времени решается вручную. В статье разрабатываются критерий и математическая модель задачи размещения ТА, что позволит автоматизировать решение этой задачи.

Словесно задачу размещения ТА, можно сформулировать так: найти пространственное расположение ТА на технологических трубопроводах, с учетом всех правил, требований и ограничений, при котором критерий оптимальности достигает экстремума.

Для её формализации введём следующие допущения и обозначения:

1. Все объекты, участвующие в процессе трассировки (арматура, аппараты, металлоконструкции, перекрытия, колонны, т.д.) аппроксимируются параллелепипедами. Участки трубопровода – цилиндрами.

2. Объекты пересекаются, если пересекаются соответствующие параллелепипеды, цилиндры.

3. Расстояние между объектами c' и c'' измеряется в манхэттенской

метрике:
$$\rho(c', c'') = |x_{c'} - x_{c''}| + |y_{c'} - y_{c''}| + |z_{c'} - z_{c''}|$$

Исходные данные для задачи размещения трубопроводной арматуры включают:

- информацию о размещении и размерах оборудования ХТС:

$$AP = \left\{ AP_p = \left(x_p^x, y_p^y, z_p^z, l_p^x, l_p^y, l_p^z, \theta, D \right), p = 1 \dots NA \right\},$$

- информацию о строительных конструкциях цеха (колонны, перекрытия, металлоконструкции, фундаменты и опоры):

$$KON = \left\{ KON_t = \left(x_{kon_t}^x, y_{kon_t}^y, z_{kon_t}^z, l_{kon_t}^x, l_{kon_t}^y, l_{kon_t}^z \right), t = 1 \dots NK \right\}$$

- информацию о расположении технологических трубопроводов

$$TRAS = \left\{ TRAS_j = \left\{ F_{fj} = \left(xnt_{fj}, ynt_{fj}, znt_{fj}, xkt_{fj}, ykt_{fj}, zkt_{fj}, d_{fj} \right), \right. \right. \\ \left. \left. f = 1 \dots NF, j = 1 \dots NT \right\} \right\}$$

- Информацию о типах и размерах ТА:

$$AR = \left\{ AR_{kj} = \left(tar_{kj}, lar_{kj}^x, lar_{kj}^y, lar_{kj}^z, \theta_{kj}, d_{kj}, h_{kj}^{cmp} \right), k = 1 \dots NAR_j, j = 1 \dots NT \right\}$$

Выходные данные для задачи размещения ТА содержат сведения о расположении ТА на технологических трубопроводах:

$$AR' = \left\{ AR'_{kj} = \left(xar_{kj}, yar_{kj}, zar_{kj}, \theta_{kj} \right), k = 1 \dots NAR_j, j = 1 \dots NT \right\},$$

Информационно-логическая модель процесса размещения ТА

Вариант размещения ТА на технологических трубопроводах зависит от ряда факторов основными из которых являются: характеристики размещаемой арматуры (тип, назначение, условный диаметр, материал, длина и высота, тип привода)[1]; сведения из технических паспортов о требованиях к установке арматуры на трубопроводе; разнообразные ведомственные инструкции, правила по технике безопасности[2], ремонту и обслуживанию арматуры, а также конструкционные и технологические ограничения невыполнение которых может привести к проблемам по установке, ремонту, замене арматуры или к её неправильной работе.

Приведённые ниже ограничения математической модели разработаны на основе перечисленных выше требований:

Ограничение 1. На ориентацию расположения арматуры на трубопроводе:

- на вертикальном участке

$$\left(xar_{kj} = xnt_{fj} = xkt_{fj} \right) \vee \left(yar_{kj} = ynt_{fj} = ykt_{fj} \right)$$

$$\forall AR_{kj} \in AR : \theta_{kj} = 90^0$$

- на горизонтальном участке

$$\left(\left(zar_{kj} = znt_{fj} = zkt_{fj} \right) \wedge \left(xar_{kj} = xnt_{fj} = xkt_{fj} \right) \right) \vee$$

$$\left(\left(zar_{kj} = znt_{fj} = zkt_{fj} \right) \vee \left(yar_{kj} = ynt_{fj} = ykt_{fj} \right) \right)$$

$$\forall AR_{kj} \in AR : \theta = 0^0, \text{ где } k=1 \dots NAR_j, f=1 \dots NF, j=1 \dots NT \quad (1)$$

Ограничение 2. Минимальное расстояние между ТА установленной на разных трассах должно быть не менее допустимого:

$$\rho\left(AR_{k'j'}, AR_{k''j''}\right) \geq \left[R_{AR_AR}\right] \quad (2)$$

$$\forall k'=1\dots NAR_{j'}, k''=1\dots NAR_{j''}, j' \neq j'', j'=1\dots NT, j''=1\dots NT.$$

Ограничение 3. Минимальное расстояние между ТА и аппаратами должно быть не менее допустимого:

$$\rho\left(AP_p, AR_{kj}\right) \geq \left[R_{AP_AR}\right] \forall P=1\dots NA, j=1\dots NT, k=1\dots NAR_j \quad (3)$$

Ограничение 4. На минимальное расстояние между ТА и строительными конструкциями:

$$\rho\left(KON_t, AR_{kj}\right) \geq \left[R_{KON_AR}\right] \forall t=1\dots NK, j=1\dots NT, k=1\dots NAR_j \quad (4)$$

Ограничение 5. На непересечение ТА с аппаратами:

$$\nu AR_{kj} \cap \nu AP_p = \emptyset, \text{ где } \forall k = 1\dots NAR_j; j = 1\dots NT; p = 1\dots NA \quad (5)$$

Ограничение 6. На непересечение ТА со строительными конструкциями:

$$\nu AR_{kj} \cap \nu KON_t = \emptyset, \forall k = 1\dots NAR_j; j = 1\dots NT; t = 1\dots KON \quad (6)$$

Ограничение 7. На непересечение ТА друг с другом:

$$\nu AR_{k'j'} \cap \nu AR_{k''j''} = \emptyset, \quad (7)$$

$$\forall k'=1\dots NAR_{j'}; k''=1\dots NAR_{j''}; j', j''=1\dots NT, j' \neq j''$$

Ограничение 8. Для удобства обслуживания арматуры расстояние до ручного привода трубопроводной арматуры от уровня пола помещения или площадки, с которой производят обслуживание должно быть не более регламентированного нормативно – технической документацией:

$$\left\{ \begin{array}{l} zar_{kj} \leq h^{don} \text{ при } \theta = 90^0 \\ h_{kj}^{cmp} + zar_{kj} \leq h^{don} \text{ при } \theta = 0^0 \end{array} \right. \quad (8)$$

Ограничение 9. На соответствие диаметров штуцера аппарата и ТА:

$$\rho\left(AP_p; AR_{kj}\right) - \frac{I}{2} l_{kj}^{cmp} \geq l^{don} \forall d_p^i > d_{kj} \quad (9)$$

Ограничение 10. На соответствие условных диаметров арматуры и диаметра трубопровода:

$$d_{fj} = d_{kj} \quad \forall f = 1 \dots NF, k = 1 \dots NAR, j = 1 \dots NT \quad (10)$$

Критерий оптимальности

В качестве критерия эффективности задачи использован аддитивный критерий вида:

$$S = \sum_{j=1}^{NT} \sum_{k=1}^{NAR} \sum_{i=1}^4 S_i(AR), \text{ где} \quad (11)$$

S_1 – месторасположение ТА на трассе; S_2 – удобство обслуживания; S_3 – дополнительные затраты на возведение площадки для обслуживания арматуры; S_4 – расстояние от ТА до аппарата источника (приёмника).

Первая составляющая критерия характеризует положение арматуры на трассе трубопровода. Оценивается в баллах и имеет вид:

$S_1=0$ – трубопроводная арматура расположена в зоне обслуживания аппарата источника (приёмника), $S_1=1$ –вне зоны.

Вторая составляющая критерия оценивает удобство обслуживания арматуры с точки зрения возможности её обслуживания с нулевой отметки пола или с уже имеющейся площадки обслуживания: $S_2=0$ – обслуживание ведётся с пола, $S_2=1$ – обслуживание ведётся с площадки.

Третья составляющая критерия оценивает затраты на проведение дополнительных мероприятий по созданию условий для обслуживания арматуры, если таковые требуются:

$S_3=0$, если $zar_{kj} + h_{kj}^{cmp} \leq h^{don}$ - арматуру можно обслужить с пола,

$S_3=c1 \cdot h_{пл} = c1 \cdot (zar_{kj} - h^{don})$, если $zar_{kj} + h_{kj}^{cmp} > h^{don}$ - возводится дополнительная площадка обслуживания, $S_3= c2_j \cdot 2(zar_{kj} - h^{don})$ - меняется конфигурация трассы.

Четвёртая составляющая критерия вычисляет расстояние от аппарата источника (приёмника) до места установки арматуры:

$$S_4 = \rho \left(AP_j, AR_{kj} \right) = \left| x_{nt_{1j}} - x_{ar_{kj}} \right| + \left| y_{nt_{1j}} - y_{ar_{kj}} \right| + \left| z_{nt_{1j}} - z_{ar_{kj}} \right|.$$

Так как составляющие критерия имеют разную размерность: S_1 и S_2 – баллы, S_3 - руб., S_4 - метры, то необходимо произвести нормализацию критерия и привести его к безразмерному виду. Для этого представим критерий в виде:

$$S(AR) = \sum_{j=1}^{NT} \sum_{k=1}^{NAR} \sum_{i=1}^4 \rho_i \cdot \omega_i \left(AR_{kj} \right), \text{ где} \quad (12)$$

$\omega_i(AR'_{kj}), i=1...4$ - монотонные функции, преобразующие каждую функцию цели $S_i(AR'_{kj})$ к безразмерному виду:

$$\omega_i \left(AR'_{kj} \right) = \frac{S_i \left(AR'_{kj} \right) - S_{i0}}{S_i \left(max \right) \cdot S_{i0}}, i = 1...4; AR_{kj} \in TRAS_j, \text{ где}$$

$S_{i0}, i = \overline{1...4}$ - оптимальное значение функции цели; $S_i(max), i=1...4$ - наибольшее значение минимизируемых функций, т.о. значения $\omega_i(AR'_{kj}), i=1...4$ лежат в пределах от 0 до 1.

Исходя из всего изложенного, задачу размещения ТА можно сформулировать следующим образом: найти координаты размещения $AR' = \{ AR'_{kj} = (xar_{kj}, yar_{kj}, zar_{kj}, \theta_{kj}), k = 1...NAR_j, j = 1...NT \}$ всей арматуры, так чтобы были выполнены условия (1-10) и критерий (12) достигал минимума.

Список условных обозначений:

NA - общее число оборудования ХТС в цехе; xa_p, ya_p, za_p - соответственно координаты расположения точки вставки аппарата по координатным осям (КО); la^x_p, la^y_p, la^z_p - размеры параллелепипеда, описывающего p -ый аппарат по КО; θ_p - угол поворота аппарата вокруг оси OZ ; D_p - список диаметров штуцеров p -го аппарата; KON_t - вектор параметров конструкции с номером t ; NK - общее число конструкций в цехе; $xkon_p, ykon_p, zkon_t$ - соответственно координаты расположения точки вставки конструкции по КО; $lkon^x_t, lkon^y_t, lkon^z_t$ - размеры параллелепипеда, описывающего t -ую конструкцию по КО; $TRAS_j$ - вектор параметров трубопровода с номером j ; $F_{j\text{-}}$ - вектор параметров f -го участка трубопровода с номером j ; NF_j - общее число участков j -го трубопровода; NT - общее число технологических связей ХТС; $xnt_{j\text{-}}, ynt_{j\text{-}}, znt_{j\text{-}}$ - координаты расположения начальной точки f -го участка j -го трубопровода по КО; $xkt_{j\text{-}}, ykt_{j\text{-}}, zkt_{j\text{-}}$ - соответственно координаты расположения конечной точки f -го участка j -го трубопровода по КО; $d_{j\text{-}}$ - диаметр f -го участка j -го трубопровода; AR_{kj} - вектор параметров k -ой арматуры принадлежащей трубопроводу с номером j ; tar_{kj} - тип k -ой арматуры j -го трубопровода; $lar^x_{kj}, lar^y_{kj}, lar^z_{kj}$ - размеры параллелепипеда, описывающего k -ую арматуру КО; θ_{kj} - возможная ориентация арматуры в пространстве; d_{kj} - условный диаметр k -ой арматуры j -го трубопровода; h_{kj}^{comp} - строительная высота k -ой арматуры j -го трубопровода; NAR_j - количество ТА, устанавливаемой на j -ый трубопровод; NT - общее число технологических связей ХТС; AR'_{kj} - вектор параметров k -ой арматуры принадлежащей трубопроводу с номером j ; h^{oon} - максимально допусти-

мая высота от уровня пола (площадки обслуживания) до маховика ТА;
 $c1$ - усреднённые затраты на возведение площадки обслуживания высотой
1м.[руб/м]; $c2_j$ - стоимость 1м. j-го трубопровода.

Список литературы

1. П.А.Жунев, Ю.Д.Кокин номенклатурный каталог справочник по трубопроводной арматуре, выпускаемой в СНГ. Москва 2000
2. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений

Миронов Д. В., Мокрозуб В. Г.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТРУДОЕМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Работа выполнена под руководством к.т.н. Мокрозуб В. Г.

*ТГТУ, Кафедра «Автоматизированное проектирование
технологического оборудования»*

Одной из задач, выполняемых отделом маркетинга машиностроительных предприятий, является формирование цены изготавливаемого оборудования.

Это делается на основании полученных данных о себестоимости оборудования и сложившихся цен на рынке для соответствующей продукции. Для эффективной работы отдела маркетинга необходимо как можно быстрее дать потенциальному заказчику ответ с ценовым предложением, чему очень часто препятствует отсутствие данных о себестоимости.

Себестоимость определяется на основании эскизного проекта конструкторов, заключения технологов и отдела планирования, который определяет трудоемкость изготовления оборудования. Всё это требует затрат времени и денег при условии, что заказчик может и не разместить заказ на предприятии.

Для экономии времени и средств, необходимо определить цену изделия без эскизного проекта и технологической проработки, а также заключения отдела планирования. Эту задачу можно решить, если рассмотреть из чего главным образом состоит себестоимость оборудования. Ограничим задачу, взяв в качестве оборудования – днища емкостных аппаратов. Тогда задача будет звучать следующим образом: определить себестоимость изготовления днища C по известным его диаметру D , толщине S , типу T , марке металла M и типу проводимых обработок P . Рассмотрим предлагаемый метод оценки себестоимости изделия на примере торо-сферических днищ (тип А и тип С) ГОСТ 14249-89.

Определим себестоимость днища C , как:

$$C = C_m + C_o + X * C_k,$$

где C_m – стоимость металла

C_o – затраты на проведения обработок (термообработка, полировка)

X – трудоемкость

C_k – стоимость 1 н/ч

В свою очередь трудоемкость X может быть разделена на две составляющие:

$$X = K + F,$$

где K – трудоемкость обработок
 F – трудоемкость формообразования

Трудоемкость обработок K можно задать в виде:

$$K = k * W_j,$$

где k – коэффициент трудоемкости
 W_j – трудоемкость обработок,

где $j=1$ – для легированных марок стали
 $j=2$ – для конструкционных марок стали

$$W_j = \sum_{i=1}^n P_i w_{ij},$$

где w_{ij} – балловая трудоемкость, которая определяется экспертом для каждого типа обработки в виде балла в зависимости от диаметра и толщины днища.

P_i – набор обработок, необходимых для изготовления днища, например, P_1 – термообработка, P_2 – полировка, P_3 – дробеструйная обработка и т.д.

$$P_i = \begin{cases} 0, & \text{если обработки нет,} \\ 1, & \text{если обработка есть} \end{cases}$$

$i = 1 \dots n$ – максимально возможное количество обработок для данного типа днища и марки металла.

В свою очередь P_i задается как исходные данные и может корректироваться по ряду правил, определяющих необходимость того или иного типа обработки в зависимости от исходных данных, например:

Например, если параметр шероховатости поверхности днища $Ra=0.63$, то $P_1=0$ и $P_2=1$ и $P_3=0$

Определение трудоемкости формообразования F основывается на фактической трудоемкости изготовления днищ ранее выпущенных изделий.

Зависимость трудоемкости F от D и S представим в виде:

$$F = k_1 * D^x + k_2 * S^y, \quad (1)$$

здесь k_1, k_2, x, y – константы, определяемые минимизацией функции невязок

$$\min \sum_{l=1}^m (F_l - F)^2$$

где F_l – фактическая трудоемкость изготовленного ранее днищ
 F – рассчитанная трудоемкость по выражению (1).

Егоров С. Я., Попов Д. Н., Гусына Н. А.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ВЫБОРА ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНОГО РЕШЕНИЯ МНОГОЭТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

Работа выполнена под руководством к.т.н. Егорова С. Я.

*ТГТУ, Кафедра «Автоматизированное проектирование
технологического оборудования»*

В статье разрабатывается постановка задачи выбора объемно-планировочного решения многоэтажного производственного здания. Эта задача возникает при проектировании нового производства. Её решение позволит выбрать оптимальный вариант строительной конструкции, и вследствие этого сократить расходы на строительство.

Словесно задачу выбора ОНР цеха можно сформулировать так:

определить значения объемно-планировочных параметров типового (многоэтажного) производственного здания и его размеры, при которых затраты на строительную конструкцию и компоновку в ней (с соблюдением всех норм и правил) оборудования ХТС будут минимальны.

Для формализации задачи введем ряд допущений и обозначений:

1. Строительная конструкция монтируется из унифицированных строительных элементов и имеет в плане форму прямоугольника.
2. Величина шага сетки колонн постоянна и равна 6 метрам.
3. Число этажей не превышает 5.

Исходные данные для задачи выбора ОНР включают:

- совокупность параметров, описывающих информацию о аппаратах:

$$AP = \left\{ AP_p = \left(x_{a_p}, y_{a_p}, z_{a_p}, la_p^x, la_p^y, la_p^z, ma_p \right), p = 1 \dots NA \right\}, \text{ где}$$

NA – общее число оборудования ХТС в цехе; $x_{a_p}, y_{a_p}, z_{a_p}$ – координаты расположения оборудования в цехе; la_p^x, la_p^y, la_p^z – размеры параллелепипеда, описывающего p -ый аппарат по осям X, Y, Z;
 ma_p – вес аппарата;

- информацию о связях между оборудованием ХТС:

$F = f_{10 \times l}$ - матрица связей, $l = L$, где

f_{1l} - номер аппарата источника; f_{2l} - номер аппарата приемника;

f_{3l} - тип транспорта; f_{4l} - стоимость 1 м трубопровода;

$f_{5l} - f_{10l}$ - физико-химические свойства веществ транспортируемых по трубопроводам ($p, t, \gamma, \rho, \mu, d, \Delta$); L – общее число связей между аппаратами.

Выходные данные задачи выбора ОПР содержат сведения о следующих параметрах:

- габаритные размеры цеха:

$S = (X_{ц}, Y_{ц}, Z_{ц})$, где

$X_{ц}$ - длина цеха; $Y_{ц}$ - ширина цеха; $Z_{ц}$ - высота цеха;

- основные объемно-планировочные параметры здания:

$h = (n_{\text{прол. н.эт.}}, n_{\text{прол. в.эт.}}, h_{\text{прол.}}, n_{\text{шагов}}, h_{\text{шага}}, h_{\text{н.эт.}}, n_{\text{эт.}}, h_{\text{ср.эт.}}, h_{\text{в.эт.}}, T_{\text{пер.}}, ПТ, МК)$, где

$n_{\text{прол.}}$ - число пролетов; $h_{\text{прол.}}$ - ширина одного пролета;

$n_{\text{шагов}}$ - число шагов; $h_{\text{шага}}$ - ширина одного шага; $n_{\text{эт.}}$ - число этажей;

$h_{\text{н.эт.}}$ - высота нижнего этажа; $h_{\text{ср.эт.}}$ - высота средних этажей;

$h_{\text{в.эт.}}$ - высота верхнего этажа; $T_{\text{пер.}}$ - тип перекрытия; $ПТ$ и $МК$ – признаки, показывающие наличие в цехе подвешенного транспорта.

$ПТ = 1$ - в цехе есть подвешенный транспорт; $ПТ = 0$ – транспорта нет;

$МК = 1$ - в цехе есть мостовой кран; $МК = 0$ – крана нет;

Информационно-логическая модель выбора объемно-планировочных решений цеха

Ниже сформулированы ограничения, полученные на основе анализа СНиП [1], нормативной документации [2], а также опыт и рекомендации проектировщиков.

1. Ограничения на размеры цеха.

Ограничение 1. На предельно допустимые размеры цеха:

$$X_{\min} \leq X_{ц} \leq X_{\max}; Y_{\min} \leq Y_{ц} \leq Y_{\max}; Z_{\min} \leq Z_{ц} \leq Z_{\max}; \quad (1)$$

Ограничение 2. На высоту цеха:

$$Z_{\min} \geq \max la_p^z, \quad p = 1, \dots, NA; \quad (2)$$

это условие показывает, что минимальная высота цеха не может быть меньше высоты самого высокого аппарата.

Ограничение 3. На высоту цеха с учетом транспорта веществ:

Пусть $A^j = \{A_i^j \mid i = 1, 2, \dots, l_j\}$ подмножество аппаратов объединенных следующими правилами:

$$a) \forall A_i^j, A_{i+1}^j \in A^j \exists 0 \leq p \leq L \quad f_{1p} = A_i^j, f_{2p} = A_{i+1}^j \wedge f_{4p} = 1$$

$$б) \forall l (\overline{1, L}) \quad f_{4l} = 1 \quad f_{1l} \neq A_i^j \quad f_{2l} \neq A_1^j, \text{ тогда}$$

$$Z_{\min} \geq \sum_{i \in A^j} la_i^z \quad (3)$$

т.е. высоты цеха должно быть достаточно для реализации транспорта веществ самотеком, если это требуется по технологии.

Ограничение 4. Зависимость размеров цеха от основных объемно – планировочных параметров цеха:

$$X_u = n_{шагов} * h_{шага}; \quad Y_u = n_{прол.} * h_{прол.}; \quad Z_u = h_{ниж.эт.} + \sum_2^{n_{n-1}} h_{ср.эт.} + h_{в.эт.} \quad (4)$$

Ограничение 5. На размеры цеха:

Площадь этажа цеха должна быть достаточной для размещения на нем оборудования ХТС.

$$\sum_{p=1}^{NA} (la_p^x + 2\delta_p^x)(la_p^y + 2\delta_p^y) + 2\Delta x * Y_u + 2\Delta y * X_u + k\beta_x\beta_y \leq X_u Y_u n_{эт.} \quad (5)$$

δ_p^x, δ_p^y - зоны обслуживания оборудования; $\Delta x, \Delta y$ - расстояние от оборудования до стен цеха; β_x, β_y - размеры строительных колонн;

k - количество колонн на этаже;

Ограничение 6. На объем цеха:

$$X_u Y_u Z_u \geq k' * \sum_{p=1}^{NA} V_p + \sum_{m=1}^M V_m, \text{ где} \quad (6)$$

V_p - объем, занимаемый p -тым аппаратом с учетом зон обслуживания;

V_m - объем m -того вспомогательного помещения; k' - коэффициент, учитывающий чередование проходов и аппаратов;

$k' = 1$ - без чередования проходов; $5/3$ – с чередованием.

II. Ограничения на определяемые объемно – планировочные параметры строительной конструкции в многоэтажном цехе.

Ограничение 7. На количество этажей в цехе:

$$\begin{cases} 2 < n_{\text{эт.}} \leq 4 \text{ если } (n_{\text{прол.}} = 2) \wedge (h_{\text{шага}} = 6) \wedge (h_{\text{прол.}} = 6) \\ 2 < n_{\text{эт.}} \leq 5 \text{ если } n_{\text{прол.}} > 2 \end{cases} \quad (7)$$

Ограничение 8. На число пролетов в цехе:

$$(n_{\text{прол.}} = 2 \wedge h_{\text{прол.}} = 9) \vee (n_{\text{прол.}} = 3 \wedge h_{\text{прол.}} = 6) \text{ при } MK = 1 \quad (8)$$

Ограничение 9. На использование в цехе подвешенного транспорта или мостового крана:

$$\begin{cases} (h_{\text{в.эт.}} = 10,8) \wedge (h_{\text{прол.в.эт.}} = 18) \text{ при } MK = 1 \\ (h_{\text{в.эт.}} = 7,2) \wedge (h_{\text{прол.в.эт.}} = 18) \text{ при } ПТ = 1 \end{cases} \quad (9)$$

Ограничение 10. На высоты этажей:

$$h_{\text{н.эт.}} \in (3,6; 4,8; 6; 7,2); h_{\text{ср.эт.}} \in (3,6; 4,8; 6); h_{\text{в.эт.}} \in (3,6; 4,8; 6; 7,2; 10,8) \quad (10)$$

Ограничение 11. На тип перекрытия:

$$\begin{cases} T_{\text{пер.}} = 1 \text{ если } (h_{\text{шага}} = 6) \wedge (h_{\text{прол.}} = 9) \wedge (h_{\text{эт.}} = 3,6) \\ T_{\text{пер.}} = 2 \text{ если } MK = 1 \\ T_{\text{пер.}} \in (1,2) \text{ при } (h_{\text{шага}} = 6) \wedge (h_{\text{прол.}} = 6) \wedge MK = 0 \end{cases} \quad (11)$$

Критерий оптимальности

В качестве целевой функции задачи выбора ОПР приняты капитальные затраты на проектируемый объект:

$$I_{\text{стр.кон.}} = (C_{\text{фунд.}} + C_{\text{стен}} + C_{\text{карк.}} + C_{\text{пер.}} + C_{\text{полов}})BB / (1 - AB / 100), \text{ где}$$

$C_{\text{фунд.}}$ - стоимость фундамента; $C_{\text{стен}}$ - стоимость стен;

$C_{\text{карк.}}$ - стоимость каркаса; $C_{\text{пер.}}$ - стоимость перекрытий;

$C_{\text{полов}}$ - стоимость полов; AB - процент стоимости перегородок, ленточных фундаментов для перегородок, заполнения проемов, отделочных и прочих работ от стоимости строительной конструкции; BB - коэффициент, учитывающий нормы накладных расходов и плановых накоплений на строительные работы и работы по крупнопанельному жилищному строительству.

Представленная выше постановка задачи используется в разработанной на кафедре АПТО системе компоновки промышленных объектов [3].

Список литературы

1. СНиП 2.09.02.-85* Производственные здания.
2. Внутренние санитарно-технические устройства, справочник проектировщика в трех частях. Часть 1. // М, Стройиздат, 1990.
3. Малыгин Е.Н., Егоров С.Я., Громов М.С. Информационная система компоновки оборудования проектируемых производств. // Информационные системы и процессы, 2006, №4.

Мокрозуб В. Г., Ноготкова А. В.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССОВ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Мокрозуба В. Г.

*ТГТУ, Кафедры «Автоматизированное проектирование
технологического оборудования»*

В современной обрабатывающей промышленности обработка материалов давлением является одним из основных способов формообразования деталей машин различного назначения. Примерно 90 % стали и более 55 % цветных сплавов, практически вся резина и пластмассы в нашей стране подвергаются обработке давлением. Поэтому проектирование прессового оборудования является актуальной задачей машиностроения.

В настоящей работе описываются основные элементы системы автоматизированного проектирования прессового оборудования, разрабатываемой на кафедре АПТО по заказу ОАО «Тамбовполимермаш».

Система предназначена для выполнения механических расчетов элементов и построения чертежей деталей и сборочных единиц. Структура системы представлена на рисунке 1.

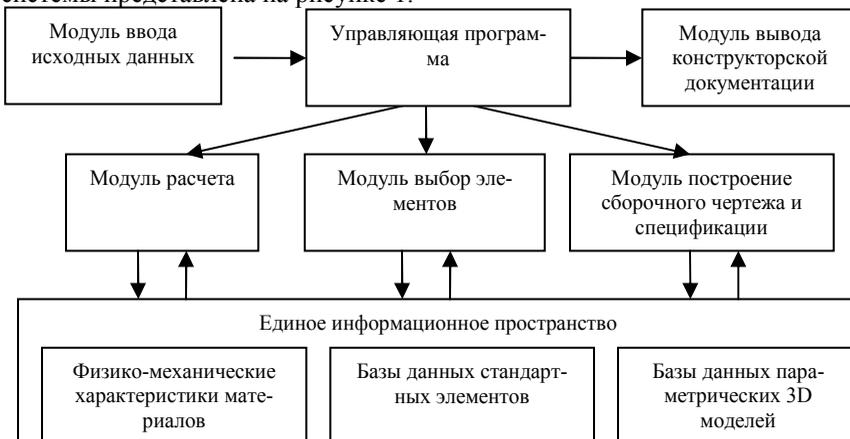


Рис. 1. Структура системы автоматизированного проектирования вертикальных гидравлических прессов

Исходными данными для информационной системы являются:

1. Усилие пресса
2. Размер пресс-форм
3. Этажность.

Основой выбора элементов пресса служит информационно-логическая модель, которая по заданным параметрам позволяет найти все необходимые параметры для изготовления пресса.

При генерировании возможных моделей прессов, удовлетворяющих требованиям технологического процесса необходимо выявить условия выбора необходимых элементов пресса, взаимосвязь размеров, сопрягаемых деталей, друг с другом и правила сопряжения этих деталей.

Рассмотри информационно - логическую модель детали на примере плунжера гидроцилиндра (рис.2).

Реестр элементов гидроцилиндра (в данном разделе каждому элементу присваивается обозначение):

- e_1 – плунжер
- e_2 – корпус
- e_3 – фланец
- e_4 – втулка
- e_5 – манжета на плунжер
- e_6 – фланец
- e_7 – втулка к плунжеру
- e_8 – грязесъемник
- e_9 – защитное кольцо на плунжер
- e_{10} – фланец крепящий плунжер
- e_{11} – шток
- e_{12} – манжета на шток
- e_{13} – защитное кольцо на шток
- e_{14} – втулка на шток
- e_{15} – гайка
- e_{16} – гильза
- e_{17} – днище

Реестр признаков отдельных элементов (в данном разделе каждому признаку элемента, такому как тип, материал, основные размеры, присваивается свое обозначение). Ввиду того, что размер статьи ограничен реестр признаков отдельных элементов приведен только для плунжера.

- a_1 – диаметр $d1$
- a_2 – диаметр $d2$
- a_3 – длина h
- a_4 – диаметр $d4$
- a_5 – диаметр $d3$

a_6 – глубина t
 a_7 – диаметр под болт m
 a_8 – ширина проточки b
 a_9 – угол скоса $a1$
 a_{10} – высота скоса $l1$
 a_{11} – угол скоса $a2$
 a_{12} – высота скоса $l2$
 p – усилие гидроцилиндра
 H – ход плунжера

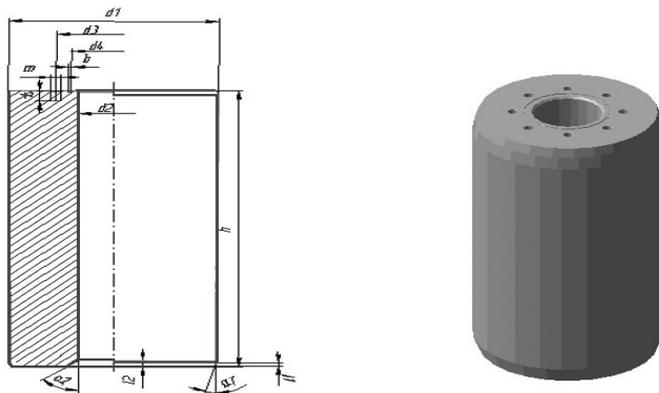


Рис. 1. Плунжер гидроцилиндра

Правила выбора плунжера:

Если

$p = q_1 \wedge H = q_2 \rightarrow e_1. a_1 = q_3 \wedge e_1. a_2 = q_4 \wedge e_1. a_3 = q_4 \wedge e_1. a_4 = q_5 \wedge$
 $\wedge e_1. a_5 = q_6$

Ограничения:

Ограничение 1: $e_1. a_6 = q_7$ (на глубину отверстий под болты t)

Ограничение 2: $e_1. a_7 = q_8$ (на диаметр болтов m)

Ограничение 3: $e_1. a_8 = q_9$ (на ширину проточки b)

Ограничение 4: $e_1. a_9 = q_{10}$ (на угол скоса $a1$)

Ограничение 5: $e_1. a_{10} = q_{11}$ (на высоту скоса $l1$)

Ограничение 6: $e_1. a_{11} = q_{12}$ (на угол скоса $a2$)

Ограничение 7: $e_1. a_{12} = q_{13}$ (на высоту скоса $l2$)

Здесь q_i – числовые значения

Мокрозуб В. Г., Беляев А. В.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАНЕТАРНЫХ ОДНОСТУПЕНЧАТЫХ РЕДУКТОРОВ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Мокрозуба В. Г.

*ГТУ, Кафедры «Автоматизированное проектирование
технологического оборудования»*

Планетарные редукторы широко применяются в химической промышленности. Используются в аппаратах с перемешивающим устройством, сушилках, фильтрах и др. Существует множество систем автоматизации проектирования редукторов: Компас 3D, AUTODESK INVENTOR, SOLID WORKS и др. Однако нет интеллектуальной системы, позволяющей автоматически генерировать вариант сборки планетарных редукторов.

В настоящее время на кафедре АПТО по заказу «ОАО ТАМБОВПОЛИМЕРМАШ» разрабатывается информационная система автоматизированного проектирования редукторов, структура которой представлена на рисунке 1.

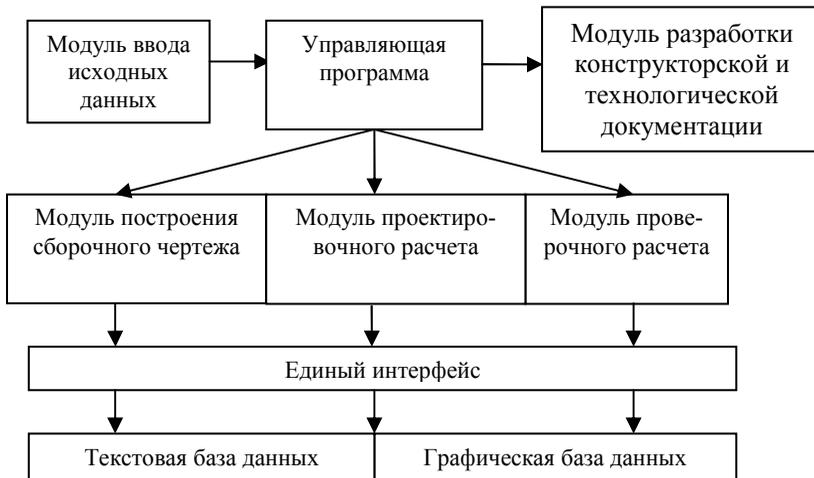


Рис. 1. Структура информационной системы

Модуль проектировочного расчета.

Методы расчета зубчатых передач на прочность активных поверхностей зубьев и на прочность зубьев при изгибе выполнены согласно ГОСТ 21354-87. Цель проектировочного расчета – найти определяющие параметры передачи. К определяющим параметрам относятся радиусы водил или делительные диаметры центральных колес с внутренними зубьями, ширина колес, модуль.

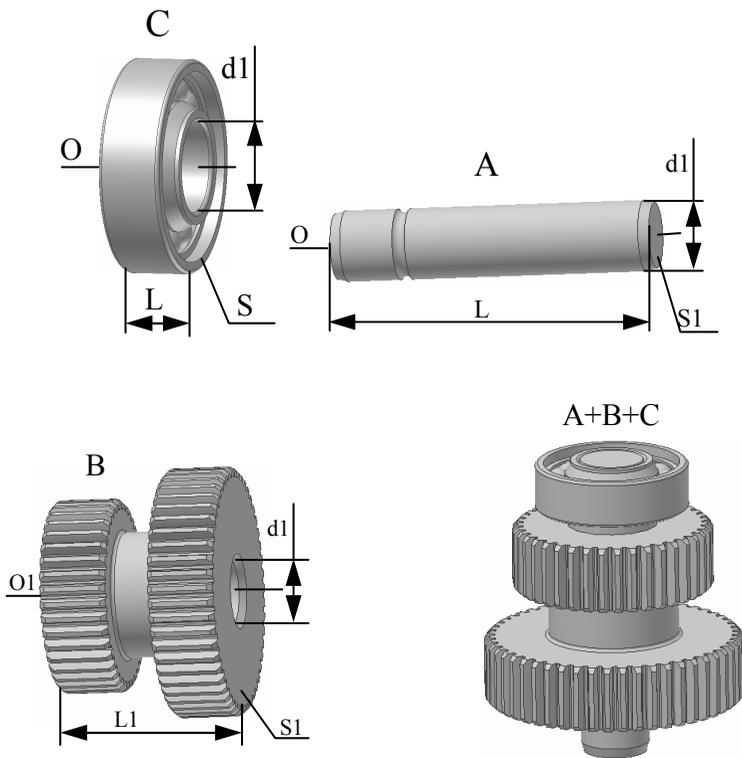
В проектировочном расчете требуются следующие исходные данные: крутящий момент на водиле, передаточное число, частота вращения водила, ресурс передачи, режим нагружения, вид передачи, виды проводимых термической или термохимической обработок.

Модуль проверочного расчета.

Исходными данными для проведения проверочного расчета являются число зубьев шестерни, сателлита, эпицикла, нормальный модуль, ширина венцов зубчатых колес, степень точности передачи, шероховатость поверхности, частота вращения ведущего зубчатого колеса, требуемый ресурс, марка стали зубчатых колес, способ термообработки зубчатых колес, твердость поверхностей зубчатых колес. Исходные данные вводятся как с клавиатуры, так и из базы данных. В ней содержится информация о наличии упрочнения, типе конструкции, способе термообработки, виде подшипника, типе подшипника и обработке. Результатом расчета является расчет на контактную выносливость, расчет на изгибную выносливость, расчет подшипника опоры сателлита. Самые подробные результаты расчета можно распечатать на принтере и сохранить в виде файла.

Модуль построения сборочного чертежа.

Программа построения сборочного чертежа представляет собой прикладную библиотеку, подключаемую к КОМПАС-3D V7. Она позволяет изменять размеры параметрических деталей и в соответствии с накладываемыми на деталь и сборку условиями строить чертежи. Условия представляют собой связи между размерами отдельных деталей. На рисунке 2 представлены связи сателлита с пальцем и подшипником.



$$\begin{array}{lll}
 A.d_1=B.d_1=C.d_1 & B.O_1 \in A.O_1 & C.S_1 \in A.S_1 \\
 A.L_1=B.L_1+C.L_1+K & B.S_1 \in A.S_1+C.L_1+K/2 & C.O_1 \in A.O_1
 \end{array}$$

Рис. 2. Пример связей между деталям

Рухов А. В.

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ВЗАИМОСВЯЗАННОГО НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛО И МАССОПЕРЕНОСА В ПРОЦЕССЕ АДСОРБЦИИ

Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Малыгина Е. Н.

*ТГТУ, Кафедра «Автоматизированное проектирование
технологического оборудования»*

Расчет взаимосвязанных нестационарных полей концентраций и температур потока инертного носителя и гранул сорбента может быть основан последовательном расчете концентрационных и температурных полей локальных областей базирующиеся на сопряженном решение системы линейных дифференциальных уравнений в частных производных [1]. В каждой локальной области по значениям начальных распределений температур в потоке и гранулах сорбента (поля температуры локальной области в предыдущий момент времени) вычисляются физико-химические, кинетические и равновесные характеристики, определяющие протекание диффузионных и тепловых процессов.

При последовательном расчете концентрационных и температурных полей локальной области входные концентрация и температура последующей локальной области является выходными концентраций и температурой предыдущей при фиксированном времени. А начальное распределение концентрации и температуры в потоке инертного носителя и гранулах сорбента локальной области текущего момента времени являются полями концентрации и температуры этой же локальной области в предыдущий момент времени.

Длину пространственной локальной области выбирается из соображения равнозначности рассматриваемых диффузионных, тепловых и гидродинамических процессов протекающих в локальной области, т.е. соизмеримой с геометрическими размерами гранул сорбента (одного порядка).

Блок-схема алгоритма расчета взаимосвязанных нестационарных полей концентраций и температур в адсорбционном аппарате колонного типа с неподвижным слоем сорбента представлена на рис. 1. На основе данной блок-схемы на алгоритмическом языке Pascal разработана расчетная программа.

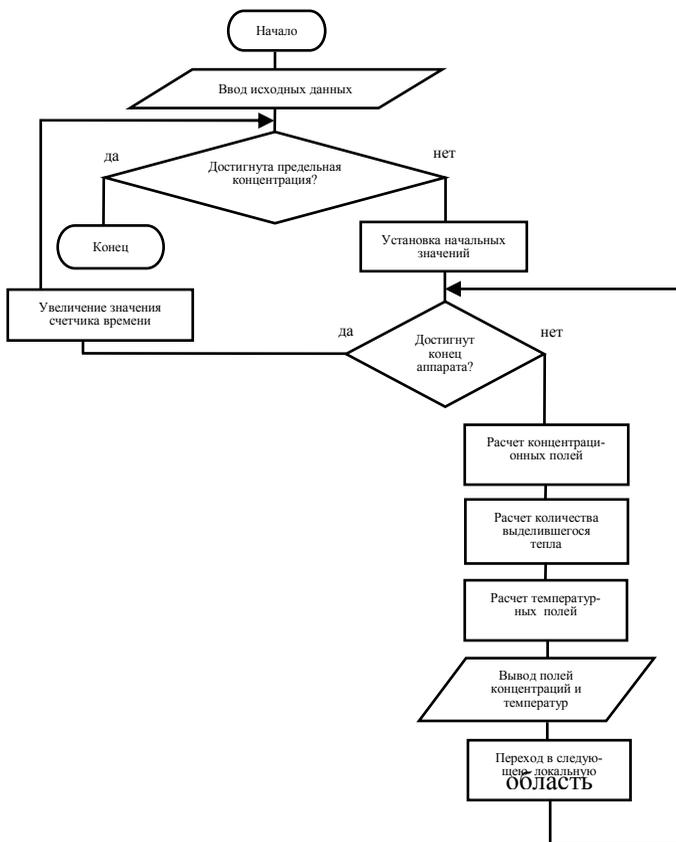


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета концентрационных и температурных полей в адсорбционном аппарате колонного типа с неподвижным слоем сорбента

Основой алгоритма являются два вложенных цикла: один по времени с шагом dt равным времени прохождения потоком локальной области и второй цикл по длине аппарата с дискретностью равной длине локальной области dx .

Рассмотрим работу алгоритма. По начальному распределению температур в локальной области определяются условия протекания диффузионных процессов, а по конечной концентрации вычисляю массу вещества поглощенную в локальной области. По значению массы поглощенного вещества определяется количества тепла выделившееся в процессе

адсорбции. Выполняется расчет температурных полей локальной области с учетом теплового эффекта адсорбции.

Результаты расчета взаимосвязанных нестационарных полей концентраций и температур выполнены по алгоритму Рис. 1 для адсорбционной колонны [2] представлены на рис 2, 3, 4.

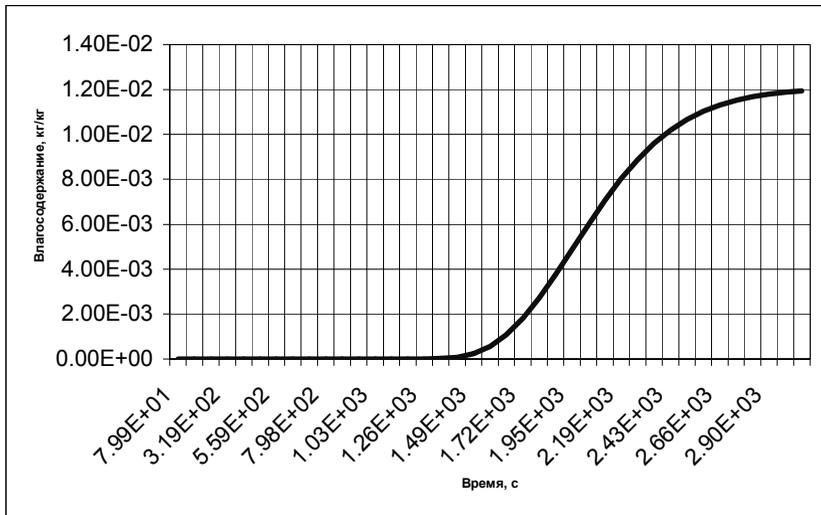


Рис. 2. Концентрация на выходе из адсорбционной колонны. [кг вл./кг сух.воз.]

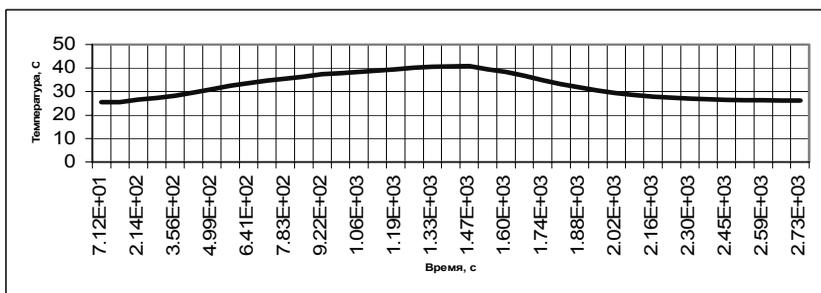


Рис. 3. Температура на выходе из адсорбционной колонны. [°C]

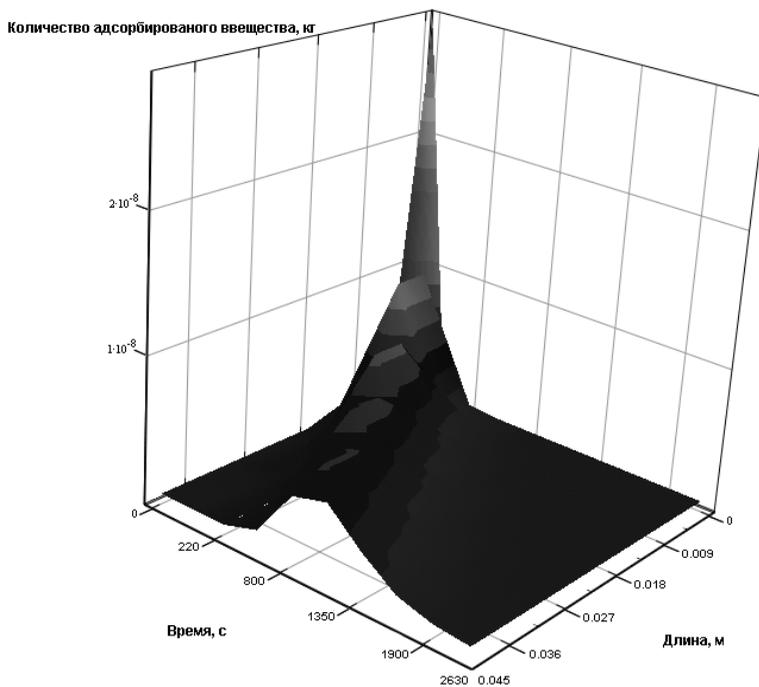


Рис. 4. Концентрационное поле в адсорбционном аппарате

Список литературы

1. Рухов А.В. Математическое моделирование процесса адсорбции в аппарате с неподвижным слоем сорбента/А.В. Рухов, Е.Н. Туголуков//Сборник статей магистрантов, Выпуск 1. – 2005. – С. 67-71.
2. Процессы и аппараты пищевых производств (массообменные процессы): Лаб. работы / Сост. В. А. Набагов, Т. В. Павлова, В. М. Нечаев, А.Б. Мозжухин, Е. А. Сергеева. Тамбов: Изд-во Тамб. гос.техн. ун-та, 2002. 24 с.

Рухов А. В.

АППРОКСИМАЦИЯ ПРЕДЕЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ АДСОРБЦИИ И РАВНОВЕСНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В ПОТОКЕ ИНЕРТНОГО НОСИТЕЛЯ АДСОРБТИВА

Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Малыгина Е. Н.

*ТГТУ, Кафедра «Автоматизированное проектирование
технологического оборудования»*

Практически все задачи связанные расчетом и проектированием технологического оборудования относятся к классу задач с частичной определенностью [1]. Так для выполнения расчета взаимосвязанных нестационарных полей концентраций и температур в адсорбционном аппарате колонного типа с неподвижным слоем сорбента по методике [2] кроме физических, физико-химических и кинетических параметров протекания диффузионных и тепловых процессов, возникает необходимость в информации о предельной величине адсорбции как непрерывной функции от парциального давления адсорбтива (концентрации в потоке инертного носителя адсорбтива) и температуры ($A^* = f(C, T)$) и обратной функции равновесной концентрация в потоке от предельной величины адсорбции и температуры ($C^* = f(A, T)$).

Как показывает опыт [3] подобную информацию можно получить из экспериментальных изотерм адсорбции полученных при разных значениях температуры.

Экспериментальные данные носят дискретный характер и прямое их использование в расчете не возможно, либо может привести к значительным погрешностям. По этому возникает необходимость в их дополнительной обработке, приведение к непрерывному виду, т.е. аппроксимации.

Из опыта автора известно, что на сегодняшний день не существует доступных алгоритмов аппроксимации функции двух переменных обладающих следующими качествами:

- универсальность;
- высокая скорость счета;
- надежность.

Исходя из этого, на языке программирования Pascal был разработан алгоритм, в основу которого был положен широко известный метод – метод наименьших квадратов [4], отвечающий требованиям представленным выше.

При выборе аппроксимирующей функции во внимание принимались следующие:

- вид функции должен отражать природу процесса;
- при использовании данного вида функции сумма среднеквадратичных отклонений должна быть минимальной;
- аппроксимирующая функция должна иметь минимальное количество коэффициентов;
- по возможности аппроксимирующая функция должна иметь аналитический переход к обратной функции (равновесная концентрация в потоке как функция от предельной величины адсорбции и температуры).

На основании данных критериев был найден вид функции:

$$A^* = k_0 + k_1 \ln(C) + k_2 T + k_3 T^2 + k_4 T^3 \quad (1)$$

и обратная функция

$$C^* = \exp \left[\frac{A - k_0 - k_2 T - k_3 T^2 - k_4 T^3}{k_1} \right] \quad (2)$$

Результаты аппроксимации приведены в таблице 1 и на рис.1 и рис.2.

Таблица 1

k_0	k_1	k_2	k_3	k_4
0.393	$3.51 \cdot 10^{-2}$	$1.1176 \cdot 10^{-4}$	$3.2 \cdot 10^{-7}$	$7.31 \cdot 10^{-11}$

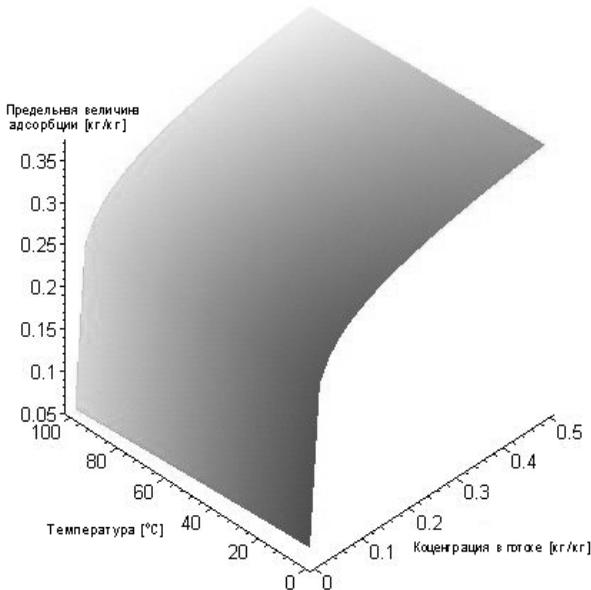


Рис. 1. Предельная величина адсорбции

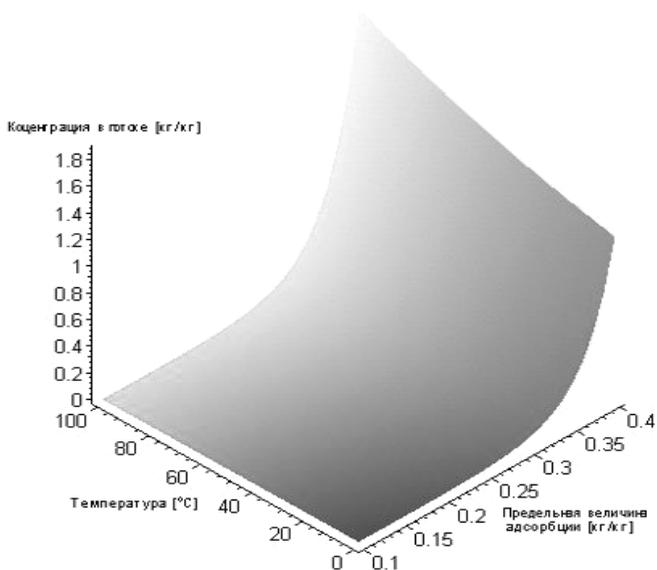


Рис. 2. Равновесная концентрация в потоке адсорбтива

Список литературы

1. Кафаров В.В. Математическое моделирование основных процессов химических производств: Учеб. / В.В. Кафаров, М.Б. Глебов. – М.: Высш шк., 1991. – 400 с.
2. Туголуков Е.Н. Математическое моделирование термонагруженных процессов и аппаратов многоассортиментных химических производств: Дисс ... докт. техн. наук. Тамбов, 2004. 400 с.
3. Лукин В.Д. Циклические адсорбционные процессы: Теория и расчет: Учеб./ В.Д. Лукин, А.В. Новосельский. – Л.: «Химия», 1989 г., -256 с.
4. Демидович Б. П. Основы вычислительной математики: / Б. П. Демидович, И. А. Марон. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1960. – 659 с.

Современные принципы аппаратурного оформления тепломассообменных процессов

Руководитель программы д.т.н., проф. Коновалов В. И.

Пугачева Е. В.

ИЗУЧЕНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ Ni/Al, Ni,Co/Al, Ni/Al₃, Ni,Co/Al₃, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА

Работа выполнена под руководством к.х.н. В. Н. Борща

*Институт структурной макрокинетики
и проблем материаловедения РАН*

Разработка высокоактивных катализаторов полного окисления CO и углеводородов, не содержащих благородных металлов, является актуальным направлением в гетерогенном катализе как в фундаментальном, так и в прикладном аспекте – как основа каталитических нейтрализаторов для выхлопных газов автомобилей.

Основную часть загрязнений воздушной среды городов поставляют двигатели внутреннего сгорания (ДВС) автотранспорта. Вредными компонентами выхлопных газов ДВС являются монооксид углерода CO, оксиды азота NO_x и остатки несгоревших углеводородов.

В настоящее время в каталитических нейтрализаторах применяются катализаторы, содержащие металлы платиновой группы (Rh, Pd, Pt). С этим связана их высокая стоимость. Поэтому необходимо искать более дешевые вещества с высокой активностью.

Каталитической активностью в реакциях окисления CO и углеводородов обладают металлы второй половины 3d ряда и их простые и сложные оксиды, в связи с чем представляется важным изучение свойств интерметаллидов этих металлов, полученных методом самораспростра-

нящегося высокотемпературного синтеза (СВС), в качестве катализаторов.

При щелочной или кислотной обработке интерметаллидов на основе Al можно получить образцы d-металлов с высокой удельной поверхностью (несколько десятков $\text{м}^2/\text{г}$), представляющие интерес не только как самостоятельные катализаторы, но и как носители каталитически активных фаз.

Структура исходных образцов показана на электронных микрофотографиях

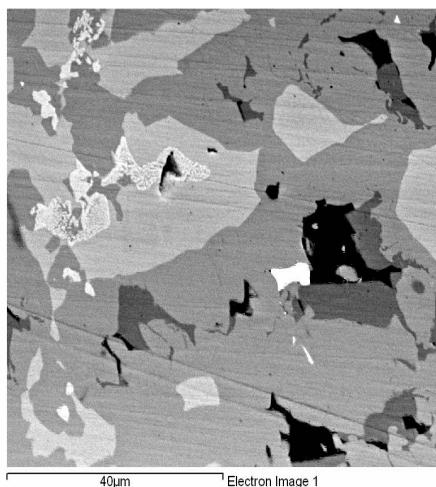


Рис. 1. Микроструктура образца Ni/Al

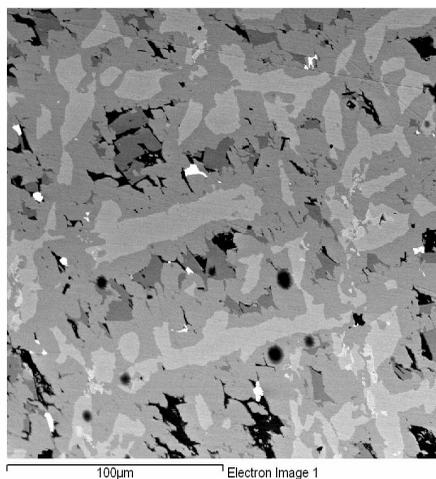


Рис. 2. Микроструктура образца 10% Ni /Al – 90% Co/Al

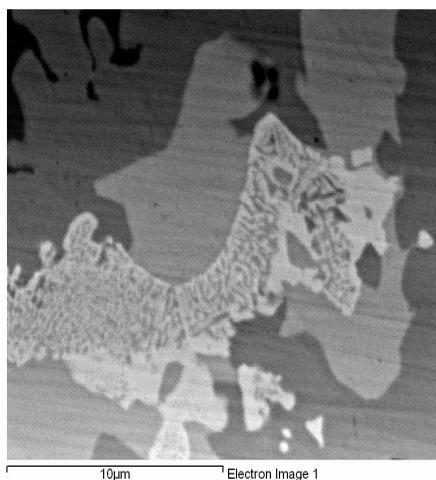


Рис. 3. Микроструктура образца 20% Ni /Al – 80% Co/Al

Объектами исследования в данной работе являются Ni/Al, Ni₃Co/Al, Ni₃Co/Al₃ интерметаллиды, полученные методом СВС. Целью работы являлось изучение их активности при окислении СО и углеводов до СО₂ и воды.

Интерметаллиды, полученные непосредственно методом СВС, подвергаются химической обработке NaOH и кислотами для увеличения

поверхности. Обработка щелочью проводилась следующим образом: сначала образец выдерживался при комнатной температуре в течение 30 мин, затем нагревался 30 мин. и выдерживался при комнатной температуре еще 24 часа. Выщелачивание проводилось с использованием 10% и 30% NaOH. Потеря веса после выщелачивания Ni,Co/Al была в пределах ошибки, то есть эти образцы не выщелачиваются, что согласуется с литературными данными. Реальная поверхность образца не увеличивается.

Для образцов Ni,Co/Al₃ выщелачивание дает хорошие результаты.

Кислотная обработка проводилась с использованием 10% соляной и 10% азотной кислот по аналогичной методике. При обработке HCl кроме Al в реакцию вступают так же Ni и Co, что может отрицательно сказываться на свойствах образца. Так же на поверхности могут оставаться ионы хлора, которые трудно удаляются с поверхности. Это может отрицательно сказываться на активности катализатора.

В результате обработки азотной кислотой Co и Ni так же растворяются, но вредное влияние нитрат-ионов можно устранить отжигом в отличие от хлор-ионов.

Для изучения каталитических свойств интерметаллидов была разработана установка, состоящая из проточного кварцевого реактора с поворотом потока газа и хроматографа.

Активность катализатора проверялась при окислении модельной смеси газов, содержащей 1,0% C₃H₈, 1,5% CO, 5,8% O₂ и азота до 100%. Эффективность оценивалась по температурной зависимости конверсии CO и пропана. Смесь газов анализировалась хроматографически.

Результаты анализа хроматограмм представлены на рисунках:

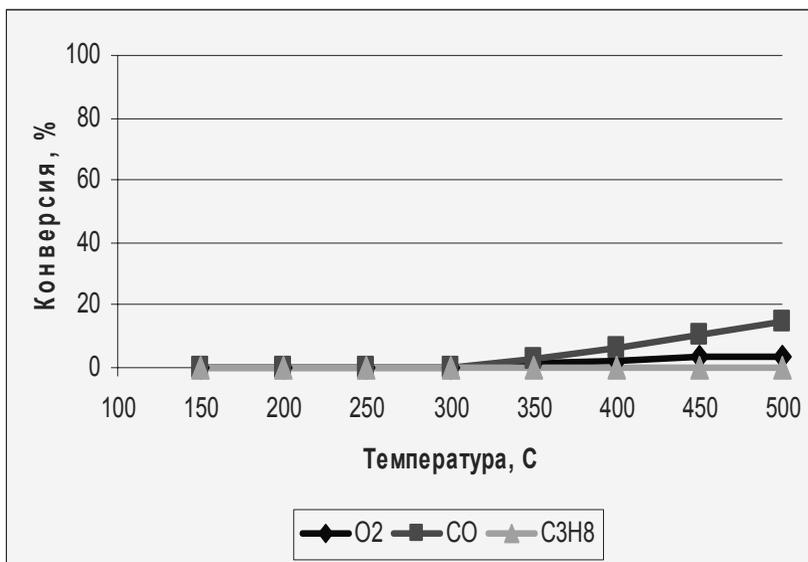


Рис. 4. Конверсия пропана и CO на образце интерметаллида NiAl 100%

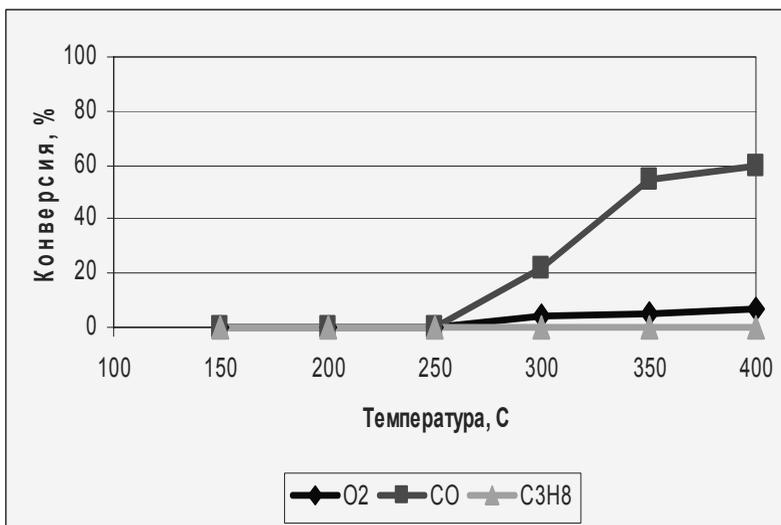


Рис. 5. Конверсия пропана и CO на выщелоченном образце интерметаллида NiAl – CoAl (90%-10%)

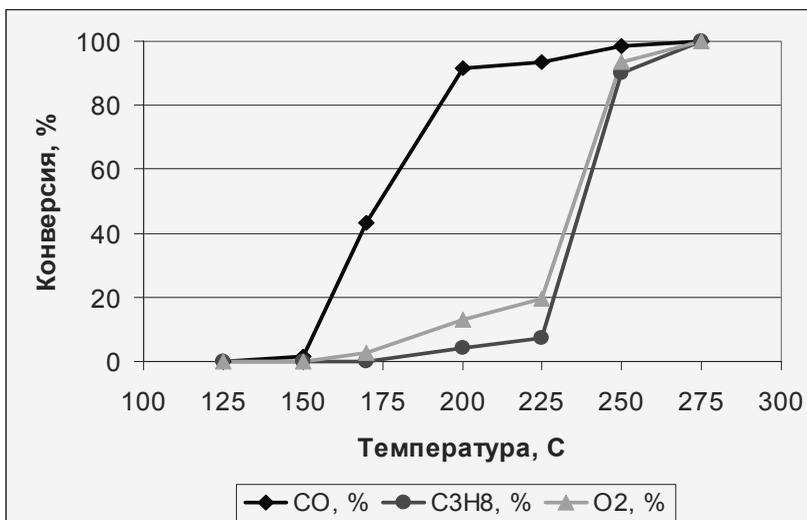


Рис. 6. Конверсия пропана и СО на выщелоченном образце интерметаллида NiAl 100% с нанесением Co₃O₄

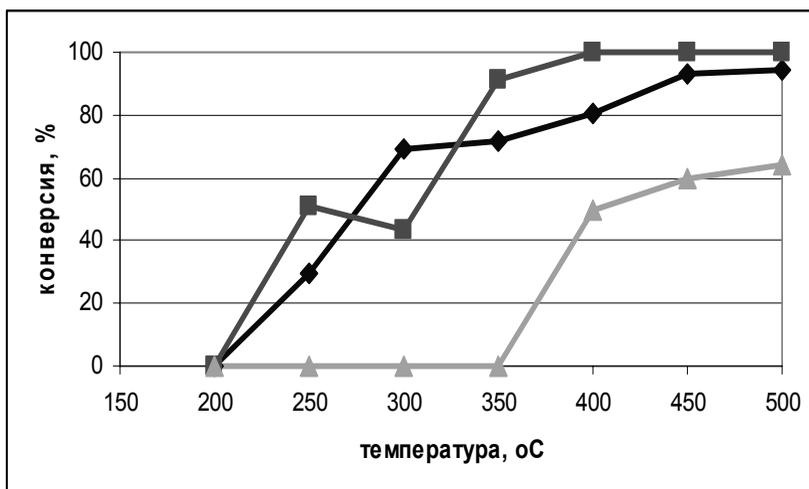


Рис. 7. Конверсия СО и пропана на выщелоченном образце интерметаллида NiAl₃ 100%

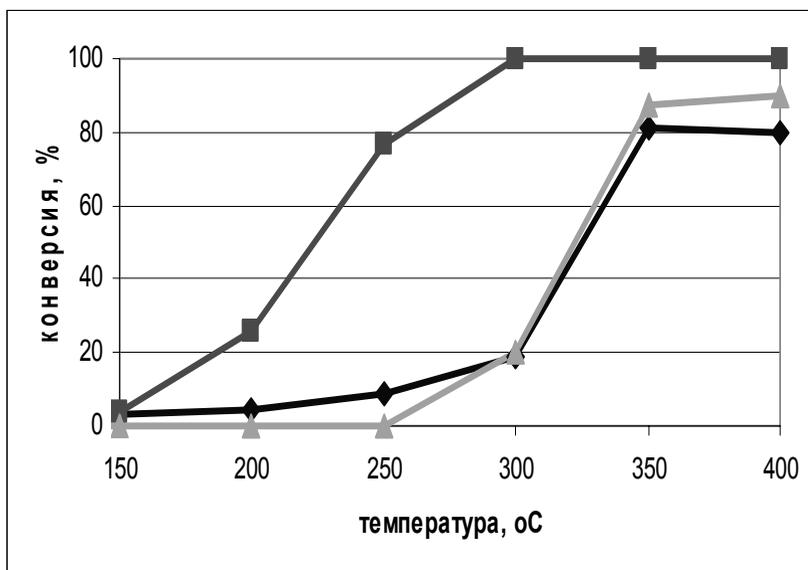


Рис. 8. Конверсия СО и пропана на выщелоченном образце интерметаллида $\text{NiAl}_3 - \text{CoAl}_3$ (90%-10%)

В результате проведенных исследований было установлено, что наибольшей активностью обладают образцы состава $\text{Ni}_3\text{Co}/\text{Al}_3$. Выщелачивание этих образцов дает большую поверхность, по сравнению с $\text{Ni}_3\text{Co}/\text{Al}$.

Были рассмотрены образцы с различным процентным соотношением аллюминидов никеля и кобальта (чистый Ni/Al_3 , 10% $\text{Ni}/\text{Al}_3 - 90\%$ Co/Al_3 , 20% $\text{Ni}/\text{Al}_3 - 80\%$ Co/Al_3 , 30% $\text{Ni}/\text{Al}_3 - 70\%$ Co/Al_3). Увеличение содержания аллюминид кобальта в составе интерметаллида значительно увеличивает активность образца.

Был также синтезирован образец катализатора с активной фазой Co_3O_4 , нанесенной на выщелоченный интерметаллид Ni/Al , который показал наилучший результат.

Все это связано с высокой активностью кобальта при окислении. Задачей дальнейших исследований является нахождение оптимального количества кобальта для достижения высокой активности катализатора, не приводящего к значительному увеличению его стоимости.

Список литературы

1. Пугачева Е.В., Борщ В.Н., Жук С.Я., Санин В.Н. Изучение каталитических свойств интерметаллидов Ni-Co-Al, полученных методом СВС//Третья всероссийская школа-семинар по структурной макрокинетике для молодых ученых.Черноголовка: издательство ИСМАН - 2005. - Тезисы докладов -78с.

2. Пугачева Е.В., Борщ В.Н., Жук С.Я., Санин В.Н. Разработка и внедрение каталитических систем нейтрализации выхлопных газов на основе СВС-интерметаллидов Ni и Co//Молодежная международная школа-конференция по инновационному развитию науки и техники.Черноголовка: издательство ИСМАН - 2005. - Тезисы докладов - 38с.

Романова Е. В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА СУШКИ ПОЛУПРОДУКТОВ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ

Работа выполнена под руководством к.х.н., проф. Утробина Н. П.

*ТГТУ, Кафедра «Химические технологии
органических веществ»*

Известны общие закономерности процесса сушки на инертных телах пигментов, красителей и ряда других материалов органического и неорганического синтеза. Применительно к полупродуктам органических красителей эти данные отсутствуют, поэтому требуется дополнительное изучение. Было предложено исследовать особенности тепло - массообменных процессов при сушке полупродуктов на физической модели одиночной частицы инертного тела и распространить их на кипящий слой инертных тел в целом. Для этого был выбран материал инертного тела физической модели и разработана измерительная ячейка.

Для экспериментального исследования кинетики процесса сушки полупродуктов органических красителей на физической модели одиночной частицы инертного тела была разработана экспериментальная установка (рис. 1), состоящая из системы подачи и подогрева сушильного агента (воздуходувка 8 и калорифер 7), корпуса сушилки 3, датчика 2, самописца 1, источника постоянного тока 6 и вентиляционной системы: короба (9) и вытяжного вентилятора (10). Контроль температуры осуществляется при помощи термодатчика 4 и КСП 5. Самописец 1 регистрирует изменение разности потенциалов на измерительной ячейке, отражающее кинетику процесса сушки материала [1,2].

Установка представляет собой вертикальный корпус, состоящий из двух обечаек - конической (с диаметром в узкой части 100,0 мм и в широкой 200,0 мм) и цилиндрической (с диаметром 200,0 мм). Расход воздуха контролируется методом переменного перепада давления на сужающем устройстве, установленном в трубопроводе подачи сушильного агента.

Для подачи воздуха в аппарат использовалась воздуходувка, обеспечивающая максимальный расход сушильного агента $0,16 \text{ м}^3/\text{с}$ и напор $1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Подогрев воздуха до температуры сушки осуществлялся в электрокалорифере, имеющем 5 независимо работающих секций суммарной мощностью 15 кВт. Температура сушильного агента устанавливалась путем регулирования электрического напряжения, подводимого к секции

ям калорифера. Расход ожигающего агента контролировался с помощью дифманометра.

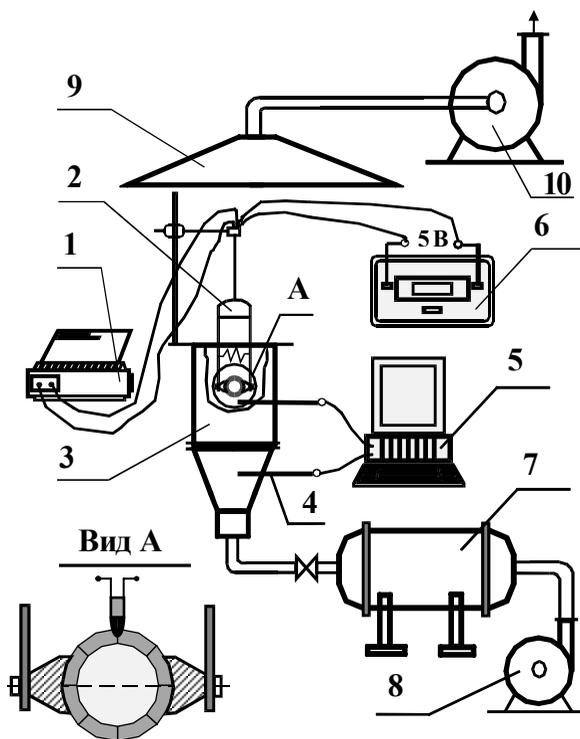


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки: 1 - двухкоординатный самописец ЭНДИМ 622.01, 2 - датчики температуры и влажности, 3 - сушилка кипящего слоя, 4 - термопара, 5 - контрольный самопишущий прибор, 6 - источник постоянного тока, 7 - калорифер, 8 - воздуходувка, 9 - короб вытяжной системы, 10 - вытяжной вентилятор

В сухом виде продукт является диэлектриком с удельным объемным сопротивлением $\rho_v \approx 10^{10}$ Ом-см, в виде суспензии он становится проводником, а его удельное сопротивление $\rho_v \approx 10^{-2}$ Ом-см. В процессе сушки влажность продукта $W, \%$ снижается с максимума до минимума, что сопровождается увеличением омического сопротивления образца и, соответственно, повышением напряжения на измерительной ячейке с минимального до максимального значения. Самописец фиксирует это изменение в виде графической зависимости: $U=f(t)$, где t - текущее время, мин.

Зависимость электрических свойств исследуемой среды от влажности носит логарифмический характер. Поэтому для пересчета зависимости разности потенциалов измерительной ячейки от времени $U=f(t)$ в зависимость влажности высушиваемого материала от времени необходим специальный тарировочный график $U=f(W)$ (рис. 2).

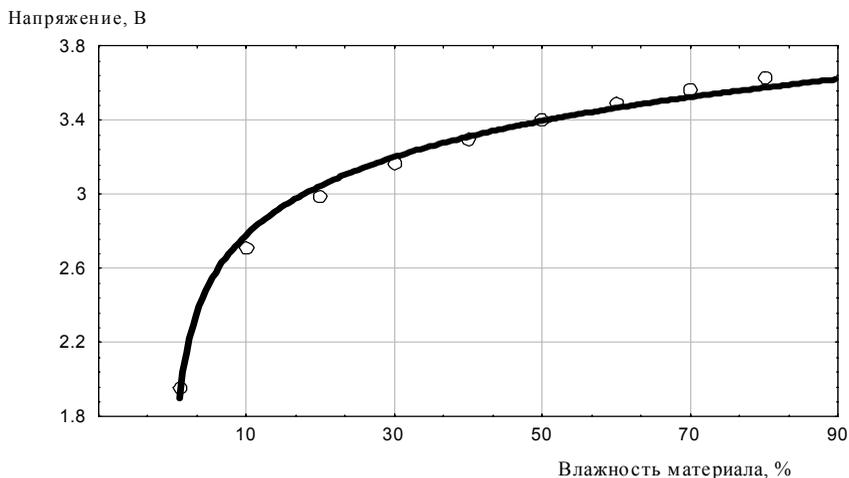


Рис. 2. Зависимость напряжения на измерительной ячейке от влажности материала:

$$U(W) = 1,95 \cdot W^{0,14}$$

Построение такой тарировочной зависимости осуществлялось путем многократного сопоставления показаний самописца и значений влажности высушиваемого материала, получаемых методом сушки до постоянного веса.

Эксперимент по сушке на одиночной частице осуществляется следующим образом:

- приготавливается суспензия с требуемой концентрацией твердой фазы 25 % ;
- осуществляется прогрев сушилки и инертного носителя до температуры мокрого термометра при сушке;
- взвешивается навеска суспензии материала и шприцеванием наносится на поверхность инертного тела (в качестве последнего используется керамический шарик диаметром 8 мм), образовавшийся при этом слой высушиваемого материала достигает толщины $0,6 \div 0,8$ мм;

- полученный таким образом образец помещается между двух электродов, имеющих ложа в виде сферических выемок (прижимное усилие обеспечивается специально подобранной пружиной);

- электроды с исследуемым образцом переносятся внутрь потока сушильного агента, одновременно при этом включается питание на самописце и источнике постоянного тока (напряжение тока $U_{\text{пит}}=5 \text{ В}$);

- по окончании процесса сушки (появление стабильного горизонтального участка на графической зависимости $U=f(t)$) прекращается подача сушильного агента, обесточиваются используемые электроприборы, производится перевод графической зависимости (при помощи тарифовочного графика $W=f(U)$) из формы $U=f(t)$ в $W=f(t)$.

Список литературы

1. Казаков А.В., Кулаков М.В., Мелюшев Ю.К. Основы автоматики и автоматизации химических производств. - М.: Машиностроение, 1970. - 376 с.

2. Закгейм А.Ю. Введение в моделирование химико - технологических процессов. - М.: Химия, 1973. - 224 с.

Машины и аппараты химических производств

Руководитель программы д.т.н., проф. Промтов М. А.

Редин Д. Ю., Горбачев А. С.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКИХ МЕМБРАН МГА-90Т, ESPA, ОПМ-К В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ СУЛЬФАНИЛАТА НАТРИЯ

Работа выполнена под руководством к.т.н. доц. Кормильцына Г.С.

*ТГТУ, Кафедра «Машины и аппараты химических производств»,
Кафедра. «Прикладная геометрия и компьютерная графика»*

Для описания процесса массопереноса в мембранах необходимо знать кинетические параметры, которые характеризуют систему мембрана-раствор. Одним из таких параметров является коэффициент распределения. Данная величина характеризует способность мембраны сорбировать растворенное вещество, что в свою очередь влияет на такую характеристику процесса как коэффициент задерживания. Нами было исследовано влияние параметров процесса (концентрации растворенного вещества, температуры) на сорбционную способность мембран МГА-90Т, ESPA, ОПМ-К при разделении водного раствора сульфанилата натрия.

Методика проведения эксперимента.

Исследование сорбции мембран растворенных веществ проводилось на установке, основными элементами которой являлись стеклянная тара, принадлежности для измерения линейных параметров образцов мембран и термостат. В экспериментальных исследованиях использовались аналитические весы типа ВЛК-500, обеспечивающие точность до $0,1 \cdot 10^{-2}$ г.

В качестве стеклянной тары применяли бюксы ($V=50$ мл), в которые помещали исследуемые образцы мембран и раствор, и колбы ($V=250$ мл) с различными растворами и концентрацией растворенного вещества.

Измерительные принадлежности использовались для измерения линейных размеров – длины, ширины и толщины исследуемого образца

мембраны. Для этих целей применялась линейка с миллиметровой ценой деления.

Термостат представлял собой массивный металлический ящик с регулируемой температурой $0\div 60$ °С.

В данной работе методика исследования сорбционной способности мембран сводилась к следующему. Из листов обратноосмотических мембран вырезали образцы размером $(14\times 4)\cdot 10^{-2}$ м. После предварительной подготовки мембран к работе, мембраны помещали в герметичные бюксы и заливали приготовленными заранее растворами различных концентраций. Эти бюксы с растворами и образцами мембран помещали в предварительно выведенный на заданный температурный режим термостат. После достижения равновесия (не менее чем через 24 часа при периодической смене раствора), мембраны извлекали из бюкса и снимали пленки раствора с поверхности фильтровальной бумагой. Затем образцы мембран помещали в герметичные бюксы с дистиллированной водой для вымывания растворенного вещества из мембран. Через каждые 24 часа воду в бюксах обновляли и при этом старую воду сливали в определенные для этого колбы. Как правило, четырехкратной смены воды было достаточно для полной десорбции растворенного вещества из мембран. Далее измеряли объем промывной воды и концентрацию в ней десорбированного вещества из мембраны в каждой колбе.

По объемам промывной воды, концентрациям в них десорбированного вещества и по объемам образцов мембран рассчитывали концентрации растворенного вещества в образцах обратноосмотических мембран.

По концентрациям растворенного вещества в образцах обратноосмотических мембран и в исходных растворах рассчитывали коэффициенты распределения:

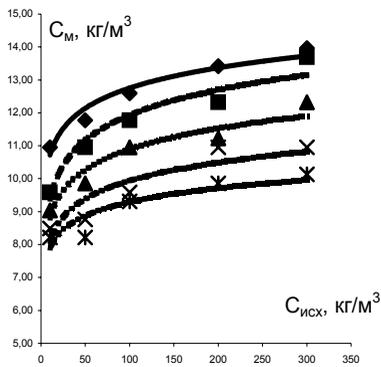
$$k = \frac{\bar{c}}{c_{исх}},$$

где k – коэффициент распределения; \bar{c} - концентрация растворенного вещества в мембране; $c_{исх}$ - концентрация растворенного вещества в исходном растворе.

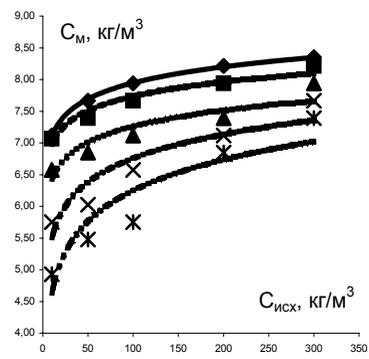
Результаты эксперимента

Полученные изотермы сорбции приведены на рис 1.

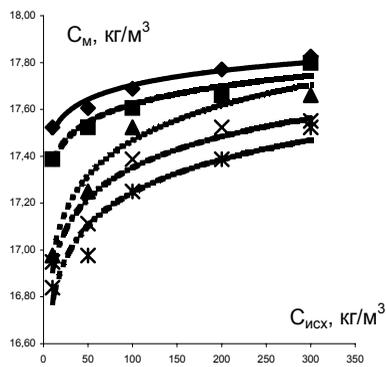
Изотермы сорбций мембран.



а)



б)



в)

Рис. 1.

а) – МГА-90Т, б) ESPA в) ОПМ-К

- ◆ - T=293, К
- - T=303 К, ▲ - T=313 К, × - T=323 К,
- ж - T=333 К,

Из графиков видно, что сорбционная способность ацетатцеллюлозной мембраны МГА-90Т выше, чем у полиамидной. Вероятно здесь влияет знак заряда мембраны (ацетатцеллюлозные мембраны несут отрицательный, а полиамидные положительный заряд [1]).

При обработке полученных нами сорбционных экспериментальных данных для обратноосмотических мембран МГА-90Т, ESPA и ОПМ-К выяснилось, что изотермы сорбции для этих мембран и исследуемых растворов достаточно хорошо описываются уравнением Фрейдлиха.

С учетом зависимости сорбции от концентрации и температуры уравнение Фрейдлиха представили в виде:

$$\bar{C} = bC^n \left(\frac{t_0}{t} \right)^m$$

где: \bar{C} , C - концентрации растворенного вещества в мембране и в растворе; b , n , m - экспериментальные коэффициенты; t_0 , t - рабочая и реперная (принятая как 293К) температуры. Значения экспериментальных коэффициентов приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Мембрана	Раствор	b	n	m
МГА-90Т		16,987	0,0093	0,2259
ESPA		5,982095	0,065961	1,943257
ОПМ-К		8,65639	0,084786	2,532664

Список литературы

1. Брык М.Т., Цапюк Е.А, Ультрафильтрация. - Киев.: Наукова думка, 1989. - 288 с.

Никитин А. А., Денисов Е. В., Акулин В. В.

РАСЧЕТ РАСХОДА ЖИДКОСТИ В РОТОРНО-ИМПУЛЬСНОМ АППАРАТЕ

Работа выполнена под руководством д.т.н. проф. Промтова М. А.

*ГГТУ, Кафедра «Машины и аппараты
химических производств»*

Роторно-импульсные аппараты (РИА) применяются для интенсификации химико-технологических процессов (ХТП) в различных отраслях промышленности. Принцип работы РИА основан на нестационарности потоков вещества, энергии и импульса. РИА эффективны для проведения процессов в системах твердое - жидкость, жидкость - жидкость, газ - жидкость, а именно - эмульгирования, диспергирования, экстрагирования [1].

При проектировании роторно-импульсных аппаратов одной из важных задач является определение расхода обрабатываемой жидкости.

Количество обрабатываемой жидкости можно определить по формуле:

$$Q(t) = V(t) \cdot s(t), \quad (1)$$

где $V(t)$, $s(t)$ - скорость потока жидкости в канале статора, м/с, и площадь проходного сечения канала статора, м².

Относительная площадь проходного сечения при совмещении канала ротора с каналом статора определяется по формуле [2]:

$$s(t) = \begin{cases} \left(1 - \frac{t \cdot \omega R_p}{a_c}\right) \cdot \sqrt{\left(\frac{t \cdot \omega R_p}{a_c}\right)^2 + \left(\frac{\delta}{a_c}\right)^2} + \left(\frac{t \cdot \omega R_p}{a_c}\right)^2; 0 \leq t \leq \frac{a_c}{\omega R_p} \\ \frac{a_c}{\omega R_p} < t \leq \frac{a_p}{\omega R_p} \\ \left(\frac{t \cdot \omega R_p}{a_c} - \frac{a_p}{a_c}\right) \cdot \sqrt{\left(\frac{a_p}{a_c} + 1 - \frac{t \cdot \omega R_p}{a_c}\right)^2 + \left(\frac{\delta}{a_c}\right)^2} + \left(\frac{a_p}{a_c} + 1 - \frac{t \cdot \omega R_p}{a_c}\right)^2; \frac{a_p}{\omega R_p} < t \leq \frac{a_p + a_c}{\omega R_p} \\ \frac{\delta}{a_c}; \frac{a_p + a_c}{\omega R_p} < t \leq \frac{b_c + a_p}{\omega R_p} \end{cases} \quad (2)$$

Основным уравнением, на основании которого проводятся расчеты гидродинамических параметров течения потока жидкости в канале статора, является нестационарное уравнения Бернулли [1,2]:

$$\beta \cdot l_3 \cdot \frac{dV}{dt} + \frac{V^2}{2} \left(\xi_3(t) + \frac{B(t) \cdot \mu}{d_3 \cdot \rho \cdot V} \right) = \frac{\Delta P(t)}{\rho}, \quad (3)$$

где β - коэффициент количества движения; l_3 - длина пути жидкости в прерывателе, м; d_3 - эквивалентный гидравлический диаметр, м; $\xi_3(t)$ - суммарный коэффициент местного гидравлического сопротивления, $B(t)$ - коэффициент гидравлического сопротивления, учитывающий потери напора; ρ - плотность жидкости, кг/м³; μ - коэффициент динамической вязкости, Па·с; V - скорость потока жидкости по каналу прерывателя, м/с; $\Delta P(t)$ - перепад давления, Па.

Данное уравнение позволяет определить зависимости $\frac{d}{dt}V(t), V(t)$, а по ним определить значения динамических параметров потока жидкости. Основными параметрами, определяющими эффективную работу аппарата, являются закон изменения скорости и давления в потоке жидкости проходящей через прерыватель РИА. Немаловажное значение также имеет задача определения расхода жидкости обрабатываемой аппаратом, мощности, затрачиваемой на выполнение данной операции.

В процессе совмещения каналов ротора и статора существует два характерных периода времени, поэтому расход целесообразно рассчитать для этих двух периодов:

$$Q_1 = \frac{1}{\tau} \cdot \int_0^{\tau} Q(t) dt, \quad Q_2 = \frac{1}{T - \tau} \cdot \int_{\tau}^T Q(t) dt, \quad (4)$$

где

$$\tau = \frac{a_p + a_c}{\omega \cdot R_p}, \quad T = \frac{a_c + b_c}{\omega \cdot R_p}, \quad (5,6)$$

где ω – скорость вращения ротора, рад/с;

R_p – радиус ротора, м.

a_p, a_c – ширина канала ротора и статора соответственно, м.

Для определения усредненного значения расхода применим следующую формулу:

$$Q_{cp} = (Q_1 + Q_2) \cdot z^2 \cdot n,$$

где z – число прорезей в роторе и статоре;

n – частота вращения ротора, об/сек.

В результате численного решения уравнения (1) построен график зависимости расхода $Q(t)$ потока жидкости от времени $\tau = [0; T]$ (рис 1).

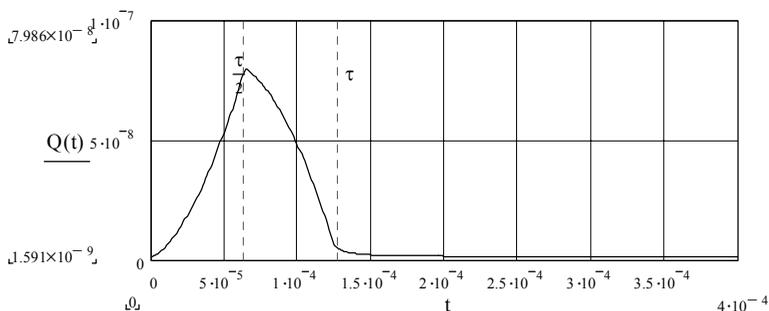


Рис. 1. Зависимость расхода Q от времени

Решения данных уравнений проводилось в среде MathCAD 2001i. В качестве жидкости была взята вода для которой: $\mu=0.0018 \text{ Па}\cdot\text{с}$, $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$. Геометрические и режимные характеристики РИА: $a_p=a_c=0.002 \text{ м}$, $b_p=b_c=0.029 \text{ м}$, $l_p=0.01 \text{ м}$, $l_c=0.02 \text{ м}$, $\delta=1\cdot 10^{-4} \text{ м}$, $R_p=0.1 \text{ м}$, угловая скорость ротора $\omega=150 \text{ с}^{-1}$, $\Delta P=10^5 \text{ Па}$.

Данный расчет позволяет определить не только расход жидкости относительно технологических параметров, но также по заданному расходу менять значения рабочих параметров аппарата подбирая тем самым оптимальные параметры работы роторно – импульсного аппарата.

Список литературы

1. Промтов М. А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика. – М.: Машиностроение; 2001. – 260 с.
2. Балабышко А. М., Зимин А. И., Ружицкий В. П. Гидромеханическое диспергирование. М.: Наука, 1998. 331с.

Богаткин Г.С.

МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА ЖИДКОСТИ В КАНАЛЕ СТАТОРА РОТОРНОГО ИМПУЛЬСНОГО АППАРАТА

Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Промтова М.А.

*ТГТУ, Кафедра «Машины и аппараты
химических производств»*

Наглядная математическая модель, достаточно полно отражающая основные закономерности нестационарных гидромеханических процессов в канале статора роторного импульсного аппарата (РИА) базируется на уравнении Бернулли, записанном в нестационарной форме[1,2]:

$$\beta \cdot \left(l + (1 + \Gamma) \cdot \sqrt{\frac{S_0}{2\pi}} \right) \cdot \frac{dV}{dt} + \xi(t) \cdot \frac{V^2}{2} + \frac{B(t) \cdot v \cdot V}{2 \cdot d_s} = \frac{\Delta P_\Sigma}{\rho}, \quad (1)$$

где: β - коэффициент количества движения потока жидкости через прерыватель; $l = l_c + \delta + l_p$ - длина прерывателя, м; δ - величина зазора между ротором и статором, м; $V(t)$ - средняя по сечению канала статора скорость потока жидкости, м/с; $\lambda(t)$ - коэффициент гидравлического сопротивления трения; d_s - эквивалентный диаметр канала статора, м; $l_{c,p}$ - длина канала ротора, статора, м; $\xi(t)$ - суммарный коэффициент местного гидравлического сопротивления; $B(t)$ - коэффициент гидравлического сопротивления, учитывающий потери напора, линейно зависящие от скорости потока; v - коэффициент кинематической вязкости жидкости, м²/с²; $\Delta P = P_p - P_c$ - общий перепад давления между полостью ротора и камерой статора, Па; P_p - давление в полости ротора, Па; P_c - давление в камере статора, Па; ρ - плотность жидкости, кг/м³, $\Gamma = \sqrt{\frac{a_c \cdot h}{a_p \cdot h}}$ - отношение площади

выходного сечения канала статора к площади входного сечения канала ротора, $S_0 = a_c \cdot h$ - площадь сечения канала статора, м², $l = l_c + \delta$.

Коэффициент местного гидравлического сопротивления $\xi(t)$ зависит от площади $S(t)$, свободной для протекания обрабатываемой среды, и коэффициента ε , который определяется из таблицы Жуковского (табл. 1).

Таблица 1

s	0	0,1	0,2	0,3	0,4
ε	0,611	0,612	0,616	0,622	0,633

s	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ε	0,644	0,662	0,687	0,722	0,781	1,000

В табл. 1 вместо площади свободного сечения прерывателя взята относительная площадь $s = \frac{S}{S_0}$. Данные из табл.1 с помощью аппроксимации представляются в виде функции, которая имеет вид:

$$\varepsilon(s) = \frac{1}{\frac{4,5}{\exp(s)} - 2,88 \cdot \exp(s) + 7,17 \cdot s}. \quad (2)$$

Для расчета величины $B(t)$ использовали табл. 2 из справочника гидравлических сопротивлений.

Таблица 2

s	1,00	0,75	0,50	0,25
B	75	350	1300	3000

Данные из табл. 2 также представлены с помощью аппроксимации в виде функции:

$$B(s) = \exp(-10,58 \cdot s^2 + 8,18 \cdot \exp(s) - 7,34 \cdot s). \quad (3)$$

Относительная площадь проходного сечения прерывателя при вращении ротора РИКА определяется по формуле:

$$s(t) = \begin{cases} \left(1 - \frac{t \cdot \omega \cdot R_p}{a_c}\right) \cdot \sqrt{\left(\frac{t \cdot \omega \cdot R_p}{a_c}\right)^2 + \left(\frac{\delta}{a_c}\right)^2} + \left(\frac{t \cdot \omega \cdot R_p}{a_c}\right)^2; & 0 \leq t \leq \frac{a_c}{\omega \cdot R_p}; \\ 1; & \frac{a_c}{\omega \cdot R_p} < t \leq \frac{a_p}{\omega \cdot R_p}; \\ \left(\frac{t \cdot \omega \cdot R_p}{a_c} - \frac{a_p}{a_c}\right) \cdot \sqrt{\left(\frac{a_p}{a_c} + 1 - \frac{t \cdot \omega \cdot R_p}{a_c}\right)^2 + \left(\frac{\delta}{a_c}\right)^2} + \\ + \left(\frac{a_p}{a_c} + 1 - \frac{t \cdot \omega \cdot R_p}{a_c}\right)^2; & \frac{a_p}{\omega \cdot R_p} < t \leq \frac{a_p + a_c}{\omega \cdot R_p}; \\ \frac{\delta}{a_c}; & \frac{a_p + a_c}{\omega \cdot R_p} < t \leq \frac{b_c - a_p}{\omega \cdot R_p}. \end{cases} \quad (4)$$

Для решения дифференциального уравнения (2) необходимо задать начальное условие для ускорения:

$$\left. \frac{dV}{dt} \right|_{t=0} = 0. \quad (5)$$

Начальное условие для скорости $V(0)$ находится путем решения уравнения (1) при условиях (5) и $t=0$. Получается квадратное уравнение относительно $V(0)$:

$$V^2(0) \cdot \frac{1}{2} (\xi(0)) + V(0) \cdot \frac{B(0) \cdot \nu}{2 \cdot d_s} - \frac{\Delta P_\Sigma}{p} = 0.$$

(6)

Уравнение (1) решали методом Рунге-Кутты четвертого порядка.

В общем, виде метод Рунге-Куты состоит в следующем.

Пусть решение $y_n = y(t_n)$, уже известно. Задаются числовые

коэффициенты $a_i, b_{ij}, i=2,3,\dots,m, j=1,2,\dots,m-1, \sigma_i, i=1,2,\dots,m$, и

последовательно вычисляются функции

$$k_1 = f(t_n, y_n), \quad k_2 = f(t_n + a_2 \tau, y_n + b_{21} \tau k_1),$$

$$k_3 = f(t_n + a_3 \tau, y_n + b_{31} \tau k_1 + b_{32} \tau k_2), \dots,$$

$$k_m = f(t_n + a_m \tau, y_n + b_{m1} \tau k_1 + b_{m2} \tau k_2 + \dots + b_{m,m-1} \tau k_{m-1})$$

Затем из формулы

$$\frac{y_{n+1} - y_n}{\tau} = \sum_{i=1}^4 \sigma_i k_i$$

находится новое значение $k_{n+1} = y(t_{n+1})$.

Коэффициенты метода Рунге-Кутты 4-го порядка находятся из следующих соотношений:

$$k_1 = f(t_n, y_n), \quad k_2 = f\left(t_n + \frac{\tau}{2}, y_n + \frac{\tau k_1}{2}\right), \quad k_3 = f\left(t_n + \frac{\tau}{2}, y_n + \frac{\tau k_2}{2}\right)$$

$$k_4 = f(t_n + \tau, y_n + \tau k_3), \quad \frac{y_{n+1} - y_n}{\tau} = \frac{1}{6} \times (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

В нашем случае решение будет выглядеть следующим образом:

$$V(0) = \frac{-B(0) \cdot \nu + \sqrt{\left(\frac{B(0) \cdot \nu}{d_{\dot{y}\ddot{e}\ddot{a}}}\right)^2 + 2 \cdot \xi(0) \cdot \frac{\Delta P}{\rho}}}{\xi(0)}$$

$$k1 = \frac{\frac{\Delta P}{\rho} - \frac{\nu \cdot B(0) \cdot V(0)}{2 \cdot d_{\dot{y}\ddot{e}\ddot{a}}} - \xi(0) \cdot \frac{(V(0))^2}{2}}{\beta \cdot \left(l + (1 + \tilde{A}) \cdot \sqrt{\frac{S_0}{2 \cdot \pi}} \right)}$$

$$k2 = \frac{\frac{\Delta P}{\rho} - \frac{\nu \cdot B(0 + 10^{-6}/2) \cdot (V(0) + 10^{-6} \cdot k1/2)}{2 \cdot d_{\dot{y}\ddot{e}\ddot{a}}} - \xi(0 + 10^{-6}/2) \cdot \frac{(V(0) + 10^{-6} \cdot k1/2)^2}{2}}{\beta \cdot \left(l + (1 + \tilde{A}) \cdot \sqrt{\frac{S_0}{2 \cdot \pi}} \right)}$$

$$k3 = \frac{\frac{\Delta P}{\rho} - \frac{\nu \cdot B(0 + 10^{-6}/2) \cdot (V(0) + 10^{-6} \cdot k2/2)}{2 \cdot d_{\dot{y}\ddot{e}\ddot{a}}} - \xi(0 + 10^{-6}/2) \cdot \frac{(V(0) + 10^{-6} \cdot k2/2)^2}{2}}{\beta \cdot \left(l + (1 + \tilde{A}) \cdot \sqrt{\frac{S_0}{2 \cdot \pi}} \right)}$$

$$k_4 = \frac{\frac{\Delta P}{\rho} - \frac{\nu \cdot B(0+10^{-6}) \cdot (V(0)+10^{-6} \cdot k_3)}{2 \cdot d_{\text{эфф}}} - \xi(0+10^{-6}) \cdot \frac{(V(0)+10^{-6} \cdot k_3)^2}{2}}{\beta \cdot \left(l + (1 + \tilde{A}) \cdot \sqrt{\frac{S_0}{2 \cdot \pi}} \right)}$$

$$V_{n+1} = V_n + \left(10^{-6} / 6 \right) \cdot (k_1 + 2 \cdot k_2 + 2 \cdot k_3 + k_4)$$

Организуется цикл с заранее известным числом шагов и строится график скорости от времени. Далее по формуле:

$$P(t) = \rho \cdot \frac{dV(t)}{dt} \cdot \left(\frac{S_{\max}}{2 \cdot \pi} \right)^{0.5}$$

определяется давление в канале статора.

Численный метод решения уравнения (1) позволяет определить зависимости скорости $V(t)$ и давления $P(t)$ потока жидкости в канале статора от времени (рис 1.)

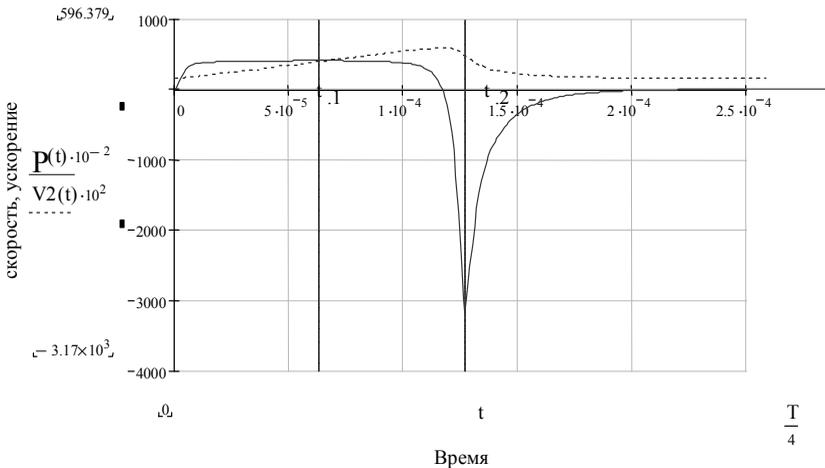


Рис. 1. Зависимость скорости и давления потока жидкости в канале статора от времени

Список литературы

1. Промтов М.А., Пульсационные аппараты роторного типа. Теория и практика.-М.: «Машиностроение», 2001.-260с.
2. Балабышко А.М., Зимин А.И., Ружицкий В.П. Гидромеханическое диспергирование. М.: Наука 1998 338с.
3. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы М.: Наука, 1989.-427с.

Ивойлова Н. А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ КРИСТАЛЛОВ САХАРОЗЫ В ПОМАДНЫХ КОНФЕТАХ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Муратовой Е. И.

*ТГТУ, Кафедра «Технологическое оборудование
и пищевые технологии»*

Вкусовые качества помады в значительной степени зависят от ее структуры, которая определяется главным образом величиной кристаллов, составляющих ее твердую фазу. В связи с этим регулирование крупности кристаллов сахарозы является основной задачей обеспечения качества помадных конфет. На дисперсность влияет ряд факторов: рецептурный состав, степень пересыщения кристаллов, режимы сбивания и охлаждения помадной массы.

Высококачественной считается помада с преобладанием фракций кристаллов от 10 до 12 мкм. Наличие 20% кристаллов с размером 25 - 30 мкм и более делает помаду грубокристаллической. Избыток кристаллов с размерами 5 - 6 мкм делает продукт вязким[1]. Таким образом, размер частиц сахарозы существенно влияет на качество помадных конфет.

В кондитерском производстве для оценки дисперсности частиц размером менее 100 мкм применяют две характеристики – степень измельчения по методу профессора Реутова и размер, определенный с помощью микрометра. В настоящее время все большее распространение приобретает метод дисперсионного анализа с помощью оптической микроскопии[2].

Для этого от конфеты отделяют небольшое количество помады и помещают в каплю глицерина на предметном стекле (глицерин предварительно обезвожен и насыщен сахарозой при комнатной температуре ($20\pm 5^\circ\text{C}$)). Размазывают препарат массы в глицерине покровным стеклом до получения прозрачного матового слоя, накрывают покровным стеклом и помещают под микроскоп (увеличение 600 единиц). В поле зрения микрометра находят отдельные кристаллы и, совмещая сетку окуляр-микрометра с кристаллом, определяют размер кристалла через число делений окуляр-микрометра[3].

Современные возможности макросъемки позволяют сделать копию поля зрения микроскопа. Это дает возможность определять размер кристаллов, не используя микрометр, а измеряя размер кристаллов на фотографии с помощью линейки. Полученные значения переводят в мкм с учетом увеличения микроскопа и фотоаппарата. На рис.1 представлены результаты съёмки образцов молочных помадных конфет.

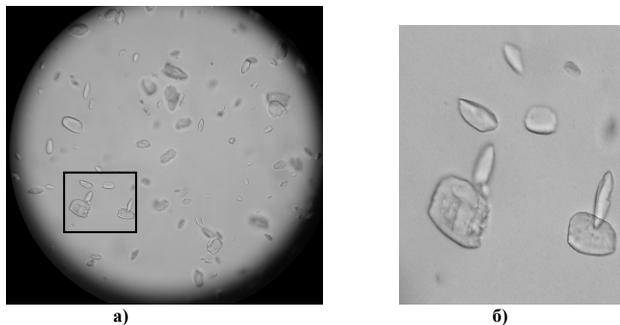


Рис. 1. Кристаллы сахарозы в помадной массе:

а) - увеличение 600 единиц; б) – увеличение выделенного фрагмента

Результат подсчета 100-200 кристаллов заносят в матрицу. Размер кристаллов переводят в микрометры (мкм), умножая число делений окуляра-микронметра на цену деления. Рассчитывают процент каждой фракции кристаллов и выражают результаты расчета в виде интегральной кривой (рис.2) и дифференциальной кривой распределения кристаллов по размерам, либо в виде гистограмм (рис. 3). На рисунках представлены результаты дисперсионного анализа образцов помиды после хранения в течение трех месяцев. Они наглядно показывают, что распределение фракций кристаллов сахарозы соответствует рекомендуемым нормам.

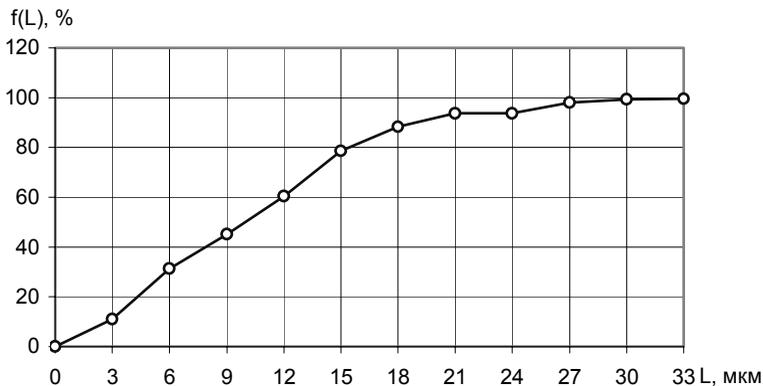


Рис. 2. Интегральная кривая распределения кристаллов сахарозы по размерам

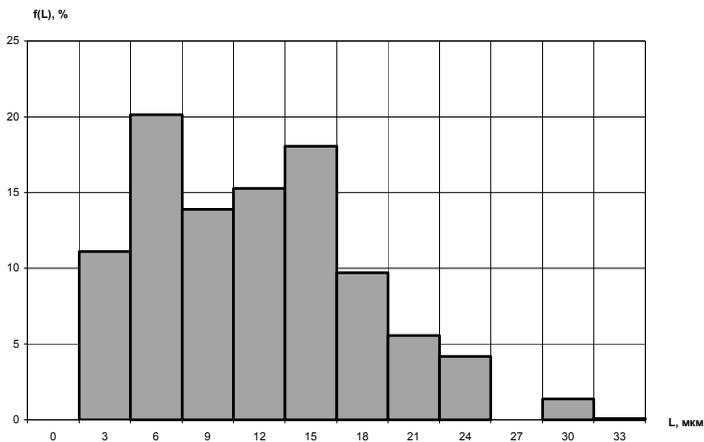


Рис. 3. Гистограмма распределения кристаллов сахарозы по размерам

Такой метод исследования дисперсности кристаллов сахарозы имеет ряд достоинств: доступность и простота, наглядность его результатов и возможность автоматизации посредством персонального компьютера и соответствующего программного обеспечения. Это позволит использовать дисперсионный анализ как инструмент, необходимый для изучения кинетики роста кристаллов сахарозы в процессе хранения конфет и других кондитерских изделий.

Список литературы

1. Истомина М.М. Конфеты. Современная технология.– М.: Пищевая промышленность, 1979. – 295 с.
2. Соколовский А.В., Соколовский В.Р. Контроль размеров частиц в кондитерском производстве доступен каждой лаборатории // Пищевая промышленность.1999.№11-с.48.
3. Лурье И.С. Технология и теххимический контроль кондитерского производства. Учебник. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981г.-328с.

Направление 270100

СТРОИТЕЛЬСТВО

Магистерская программа 270100.01

Теория и проектирование зданий и сооружений

Руководитель программы д.т.н., проф. Леденев В. В.

Кузнецов И. Н., Елагин В. Н., Вахонин А. В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЕКТНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ, ОСНОВАННЫХ НА МКЭ, ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Евдокимцева О. В.

*ТГТУ, Кафедра «Конструкции зданий
и сооружений»*

В настоящее время при проектировании строительных конструкций значительная часть расчетов выполняется на персональных компьютерах (ПК) с помощью специальных проектно-вычислительных комплексов (ПВК), в которых отражаются и используются самые современные достижения по расчету и проектированию сооружений. Алгоритмы численных расчетов в этих программах в основном строятся на методе конечных элементов (МКЭ), реализуемом в форме метода перемещений.

Коллективом магистрантов проводятся исследования НДС стальной П-образной рамы на песчаном основании. Рассматривается рама с шарнирным сопряжением ригеля с колонной и жестким сопряжением колонн с фундаментами.

В лабораторных условиях моделируется реальная работа исследуемой конструкции. Модель рамы выполнена в соответствии с критериями геометрического подобия. Нагрузка в виде вертикальной, осевой сосредоточенной силы передается на ригель гидравлическим домкратом.

Задачей исследований является изучение влияния на НДС конструкции перемещений фундаментов, вызванные деформациями грунтового основания, а так же податливости узла сопряжения ригеля с колонной.

После получения экспериментальных данных необходимо разрешать задачу по сравнению полученных данных с расчетными значениями и предварительно ожидаемыми результатами. В этот период, авторами считается необходимым, проводить контрольные вычисления на ПК с помощью ПВК методом КЭ. Данные вычисления моделируют работу экспериментальной установки. Алгоритмы выполнения расчетов на различных ПВК методом КЭ в подавляющем большинстве схожи и имеют следующий порядок:

- 1) создание расчетной схемы стержневой системы для МКЭ;
 - 1.1) графическое представление расчетной схемы в общей системе координат для всей стержневой системы с нумерацией узлов и элементов и местных систем координат для каждого элемента отдельно;
 - 1.2) назначение типа элементов;
 - 1.3) назначение жесткости элементов;
 - 1.4) назначение опорных связей;
 - 1.5) назначение шарниров в узлах элементов;
- 2) загрузка расчетной схемы МКЭ;
 - 2.1) задание узловой нагрузки;
 - 2.2) задание нагрузки на элемент;
- 3) выполнение линейного расчета и представление его результатов;
 - 3.1) выполнение линейного расчета, в котором реализуется алгоритм решения задачи МКЭ по определению перемещений узлов (в общей для стержневой конструкции системе координат) и усилий в намеченных для расчета сечениях элементов (в местной системе координат);
 - 3.2) представление полученных результатов расчета стержневой системы в виде эпюр усилий в ее элементах и картины перемещений узлов.

В [3] сообщалось о результатах проведения различных экспериментов с П-образной рамой, перечисленные эксперименты были смоделированы в ПК SCAD на модели плоской рамы (рис.1), состоящей из 22 конечных элементов с 6 типами жесткостей (для ригеля, колонны, фундамента, жестких вставок и податливости опор).

Стоит отметить, что все геометрические размеры модели и реальной экспериментальной установки идентичны, то же касается и материала элементов и геометрических размеров поперечных сечений. Модель рамы загружалась в ПК SCAD при различном решении сопряжения узлов ригеля и колонны – жестком и шарнирном, а также проводились расчеты без учета и с учетом податливости опор. Данные отличия расчетных схем одной и той же модели достигается путем введения различных конечных элементов и наложения связей в узлах, например, введение шарниров, связей конечной жесткости, ограничение перемещений узлов и т.д.

В результате численных экспериментов в ПК SCAD с моделью рамы были получены перемещения в узлах и силовые факторы (N, Q, M). Полученные данные оказались близки к опытным и в целом достоверно отражают работу рамы.

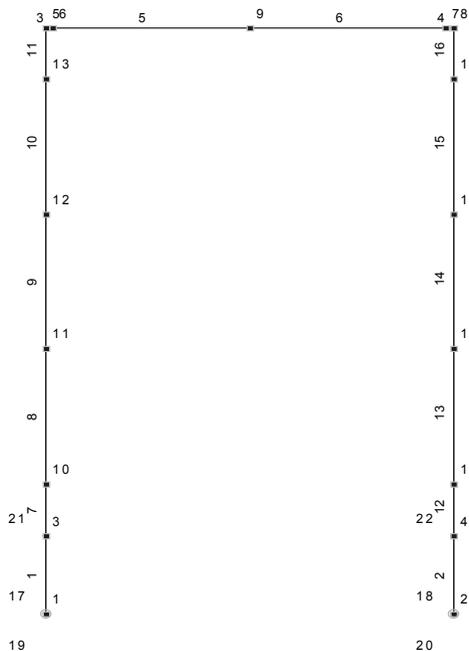


Рис.1. Модель рамы с обозначением номеров элементов и узлов

Одной из поставленных задач являлось изучение природы расхождения опытных и теоретических данных, а также максимальное приближение расчетной схемы к экспериментальной установке.

Список литературы

1. Киселев В.А. Строительная механика. Общий курс: Учеб. Для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 520 с.: ил.
2. Константинов И.А. Строительная механика. Применение программы SCAD для расчета стержневых систем. Учеб. пособие. СПб: Вариант для сайта кафедры СМ и ТУ, 2003.
3. Кузнецов И.Н., Елагин В.Н., Вахонин А.В. Экспериментальные исследования НДС стальной П-образной рамы на деформируемом основании. Новые идеи молодых ученых в науке XXI века. Сборник статей магистрантов. Выпуск IV. – Тамбов: ТОГУП «Тамбовполиграфиздат», 2006. 204с. С.173-179.

Антонов В.М., Антонов С.В.

ИССЛЕДОВАНИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ АРМИРОВАННОГО ПЕСЧАНОГО ОСНОВАНИЯ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Антонова В. М.

ТГТУ, Кафедра «Конструкции зданий и сооружений»

Цель экспериментов состояла в определении характера распределения напряжений в массиве грунта по глубине для армированного и неармированного основания при внецентренном приложении нагрузки.

Использовали пространственный стальной лоток размерами $1,9 \times 1,7 \times 1,3(h)$ м, заполненный песком.

Эксперименты проводились на модели ленточного фундамента с шириной $B = 100$ мм и длиной 1 м.

В качестве основания использовался мелкий однородный песок при плотности $\rho = 1,7$ г/см³, достигнутой определенным числом ударов трамбовки по одному следу. Контроль плотности в каждом опыте проводили в нескольких точках в соответствии с ГОСТ [1]. Влажность поддерживалась в пределах 9-10 %.

Армирование осуществляли сеткой $B_s=300$ мм, $L_s=1$ м, $d_s=2$ мм, $S = 20$ мм при глубине заложения $h_s=3$ и $h_s=6$ см от подошвы фундамента.

Нагрузка прикладывалась, с эксцентриситетом $e = 0,25B$. Степень нагружения составляла 0,1 от предполагаемой разрушающей нагрузки F_{Su} . За условную стабилизацию перемещений принимали 0,5 мм/час.

Определение вертикальных деформаций основания осуществлялось при помощи индикаторов часового типа ИЧ-10, укрепленных на реперной раме.

В работе использовались глубинные датчики измерения напряжений в грунте – тензометры. Схема расстановки представлена на рисунке 1.

По результатам экспериментов определено:

1.- При увеличении нагрузки наблюдается рост нормальных напряжений σ_z под подошвой фундамента. Максимальные значения вертикальных напряжений для неармированного основания на глубине 2,5-5 см находятся под краем штампа. С увеличением глубины экстремум смещается к центру модели фундамента (см. Рисунок 2).

2.- Введение арматуры в основание приводит к повышению несущей способности основания в 2 раза и к снижению вертикальных напряжений под подошвой фундамента (см. Рисунок 3)

3.- При армировании происходит снижение значений горизонтальных напряжений σ_x в 2,43 раза за счет перераспределения напряжений на большую площадь (см. Рисунок 4)

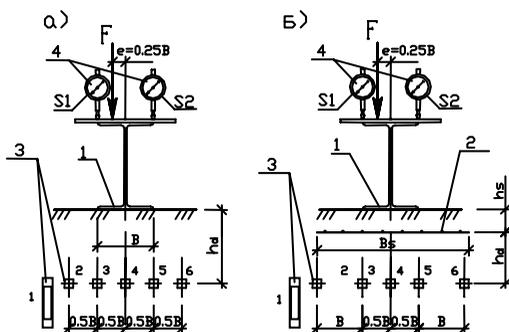


Рис. 1. Схема установки

а) неармированное основание, б) армированное основание
1-модель ленточного фундамента, 2-арматурная сетка, 3-тензометры (расположение и номера), 4- индикаторы часового типа (ИЧ-10)

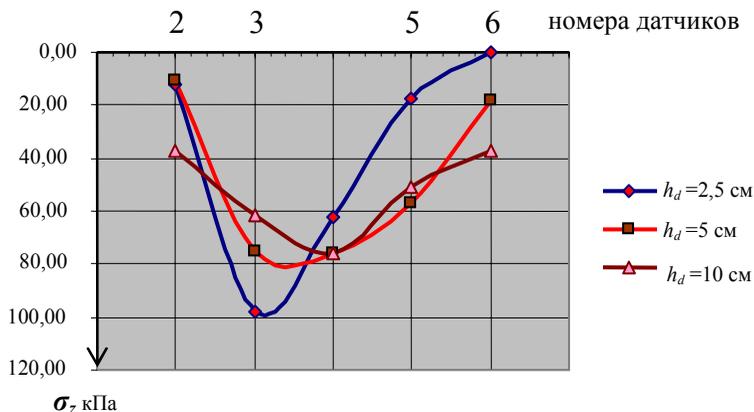


Рис. 2. Развитие напряжений по глубине при нагрузке на модель фундамента $F = 12$ кН

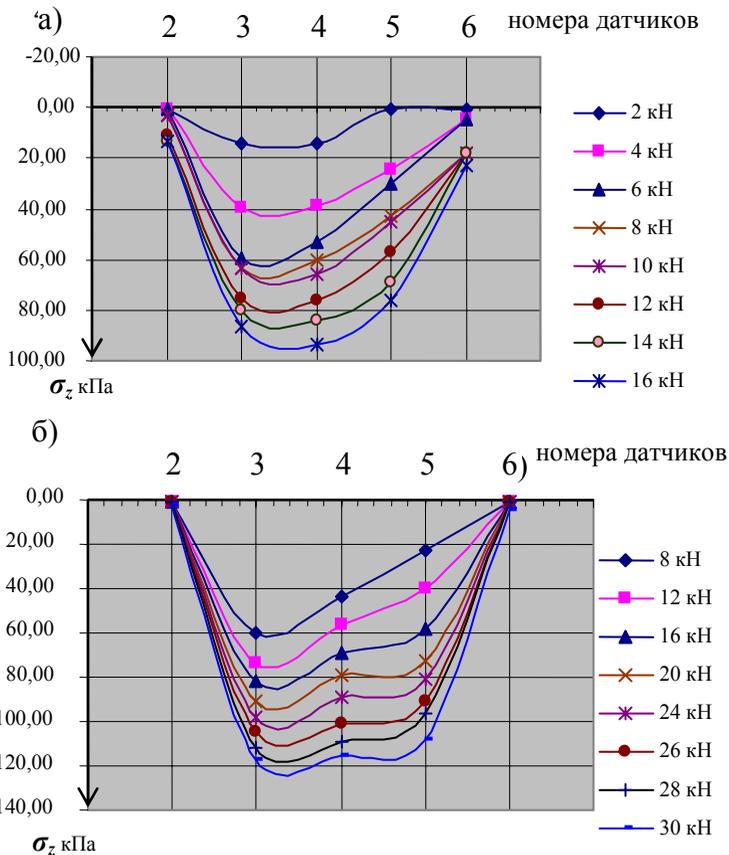


Рис. 3. Распределение нормальных напряжений при повышении нагрузки
 а) неармированное основание при $h_d=5\text{см}$; б) армированное основание при $h_s=3\text{см}$ и $h_d=6\text{см}$

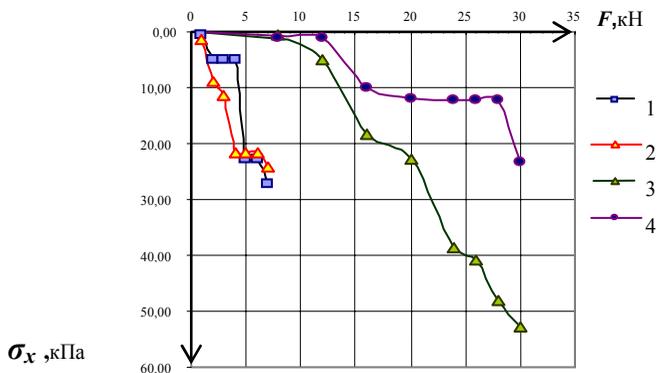


Рис. 4. Распределение бокового давления при различном расположении тензодатчиков
1 - неармированный грунт при $h_d = 5$ см; 2 - неармированный грунт при $h_d = 10$ см;
3 - армированный грунт при $h_d = 6$ см; 4 - армированный грунт при $h_d = 9$ см

Список литературы

1. ГОСТ 5180-84 «Грунты. Методы лабораторных определений физических характеристик»

Антонов В. М., Агапонов А. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ АРМИРОВАННОГО СВЯЗНОГО ОСНОВАНИЯ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Антонова В. М.

*ТГТУ, Кафедра «Конструкции зданий
и сооружений»*

Фундаменты являются одним из наиболее массовых конструкций в промышленном, гражданском и сельскохозяйственном строительстве.

В связи с постоянным увеличением нагрузок на отдельные фундаменты вследствие роста этажности, пролета зданий и нагрузок от оборудования, а также в связи с освоением территорий, сложенных слабыми грунтами, ранее считавшимися непригодными для строительства, особую важность приобрел вопрос совершенствования конструкций фундаментов и разработки методов инженерной подготовки грунтового основания, позволяющих повысить несущую способность, снизить деформативность и тем самым уменьшить размеры фундаментов при сохранении требований по их надежности и долговечности.

Среди различных специальных инженерных мероприятий заслуживает внимания, как менее материалоемкий и более экономичный, метод армирования грунта. Наиболее перспективным становится этот метод в условиях послойного создания искусственного основания. Под армированными подразумеваются композиционные материалы, у которых одна из составляющих - арматура обладает значительной жесткостью и прочностью по сравнению с другой - матрицей. В качестве армирующих элементов используют органические, синтетические, металлические и каменные материалы. Новый строительный материал получил название «армированный грунт». Его основные преимущества: используются готовые элементы, легко хранящиеся и монтируемые; в качестве засыпки может использоваться как связный так и несвязный грунт, имеющийся на строительной площадке или доставляемый из карьера; армированный грунт выдерживает неравномерные деформации без повреждений.

Работа посвящена исследованию вопроса влияния армирования связного основания (сулеси) на несущую способность центрально нагруженных столбчатых фундаментов. В задачи исследования входило экспериментальное изучение влияния различных характеристик арми-

рования (глубины заложения резиновой сетки, ее размеров, количества слоев армирования) на деформированность и несущую способность.

Эксперименты с заглубленной моделью проводились в металлическом лотке-установке размерами $1 \times 0,85 \times 0,6$ (h) м, заполненном супесью ($I_p = 0,04$, $w = 7-8\%$) и оснащенного рычажной системой с передаточным числом 1:6. Цилиндрическая модель имела размеры $D = 100$ мм и $H = 100$ мм, контактная поверхность – гладкая. В ходе испытаний определялась осадка S во всем диапазоне нагрузок, которая измерялась двумя индикаторами часового типа, укрепленных на реперной раме. Степень нагружения принималась 0,1 от предполагаемой разрушающей нагрузки. Каждая ступень нагружения выдерживалась до условной стабилизации осадок (0,01 мм / 0,5ч.).

Сетка представляла собой квадратное в плане изделие из резины. Ее толщина составляла 12 мм. Сетка разбита ребрами жесткости на квадраты со стороной 4 см. В центре каждого из них имеется отверстие диаметром 25 мм. В вершинах квадратов – отверстия диаметром 15 мм.

Было проведено 3 серии испытаний в каждой из которых изменялись характеристики армирования (размеры сетки $B_s \times L_s$, расстояние до арматуры h_s , количество слоев армирования n_s).

Перед исследованием армированного основания провели испытания по определению несущей способности и деформативности неармированного основания.

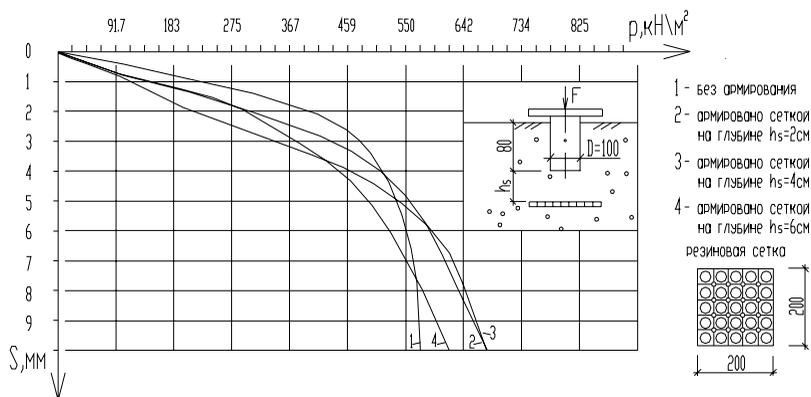


Рис. 1. Зависимость осадки модели фундамента от центральной нагрузки на неармированном и армированном основании при размерах сетки $B_s \times L_s = 20 \times 20$ см.

По результатам исследований выявлены зависимости несущей способности и деформативности армированного основания от схемы армирования.

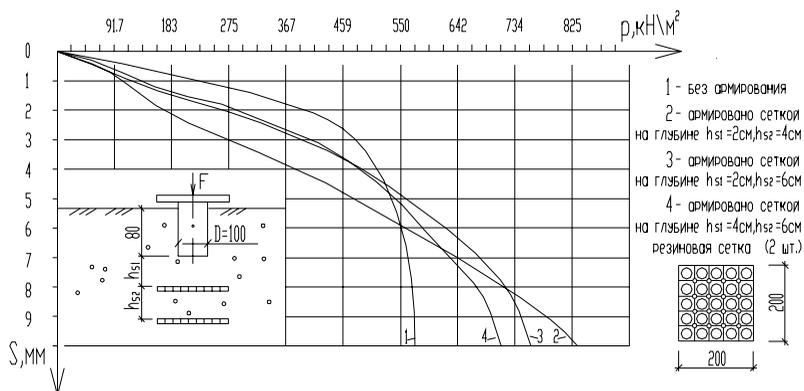


Рис. 2. Зависимость осадки модели фундамента от центральной нагрузки на неармированном основании и при двухслойном армировании

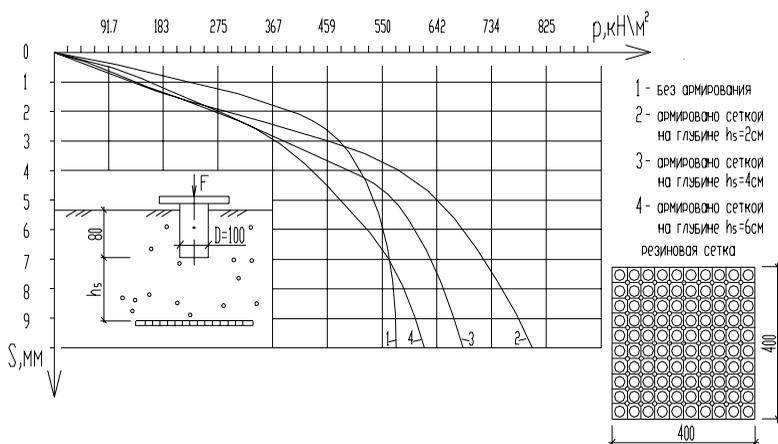


Рис. 3. Зависимость осадки модели фундамента от центральной нагрузки на неармированном и армированном основании при размерах сетки $B_s \times L_s = 40 \times 40$ см

Общие выводы:

- с увеличением размеров сторон сетки с 20 см до 40 см несущая способность увеличивается на 17%;

- максимальный эффект при одноярусном армировании достигается

- при расположении сетки на глубине $0.2D$ от подошвы фундамента;

- самым эффективным из 3-х вариантов по результатам испытаний признано двойное армирование, которое дало максимальное повышение несущей способности в 1,7 раза по сравнению с несущей способностью неармированного основания.

Забродин С. В.

ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ШТАМПОВ НА ГЛИНИСТЫХ ОСНОВАНИЯХ ПРИ НАКЛОННОЙ ПОВТОРНОЙ НАГРУЗКЕ

Работа выполнена под руководством к.т.н. Евдокимцева О. В.

*ГГТУ, Кафедра «Конструкции зданий
и сооружений»*

Повторные нагружения основания приводят к значительному росту неравномерных перемещений фундаментов [1-3], что может привести к появлению повреждений в надземных конструкциях. Воздействие наклонных циклических воздействий еще мало исследовано и касается в основном песчаных оснований [3]. Учет таких воздействий позволит повысить надежность проектирования зданий и сооружений.

Экспериментальные исследования влияния повторных нагрузок на перемещения фундаментов проводили с моделями фундаментов, установленных на глинистое основание. В опытах использовали штамп диаметром 10 см с шероховатой контактной поверхностью. Усилие на штамп передавали рычагом с передаточным числом 1:6. Основанием служил суглинок твердый ($\rho = 1.84 \text{ г/см}^3$, $w = 0.14$) укладываемый в лоток размерами в плане 60 x 70 см. Угол наклона нагрузки к вертикали составлял $\delta = 0, 5, 10, 15^\circ$.

Испытания проводили по следующим схемам:

- 1) статическое ступенчато-возрастающее нагружение со стабилизацией деформаций на каждой ступени;
- 2) статическое ступенчато-возрастающее до определенной величины F_{\max} , разгрузка до F_{\min} и дальнейшее циклическое изменение силы.

При первой схеме нагружения определили несущую способность основания при статическом нагружении (F_u).

Основные параметры второй схемы:

- уровень нагружения $F = F_{\max} / F_u = 0.4, 0.6, 0.8$;
- коэффициент асимметрии цикла $\rho = F_{\min} / F_{\max} = 0$;
- длительность цикла «нагрузка – разгрузка» 100...1000с;
- максимальное количество циклов 50.

Циклические воздействия вызывают значительный рост вертикальных и горизонтальных перемещений и кренов. Наибольшие скорости перемещений получены в первые 5 циклов нагружения. С увеличением угла наклона нагрузки отмечается значительное снижение средней

осадки и увеличение горизонтальных перемещений и кренов при повторных нагрузках (рис.1).

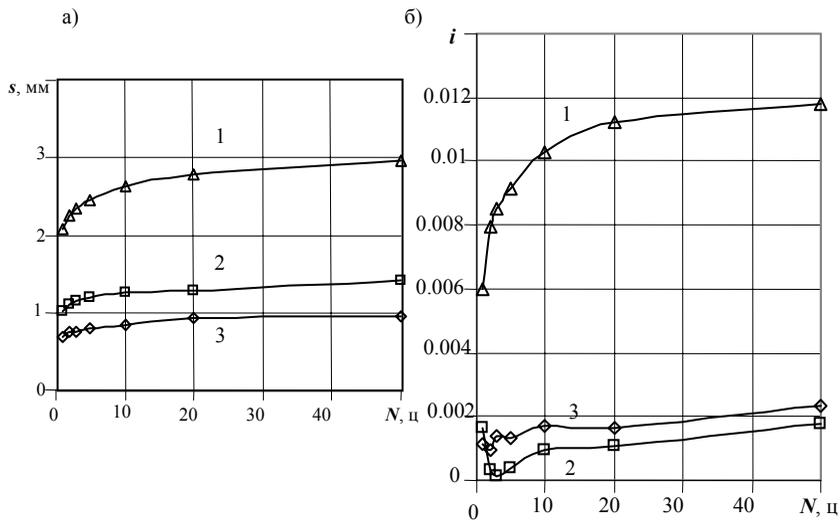


Рис. 1. Зависимости осадки штампа (а) и крена (б) от количества циклов при угле $\delta=15^\circ$ и уровне нагрузки равном 0.4 (3), 0.6 (2), 0.8 (1)

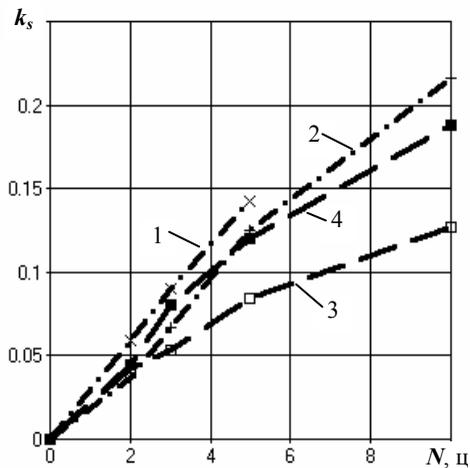


Рис. 2. Зависимости коэффициента k_s от количества циклов при вертикальной нагрузке, длительности цикла 2, 3 – 100с; 1, 4 – 1000с и уровне нагружения равном 0.6 (3, 4); 0.8 (1, 2)

Влияние циклических воздействий оценивали коэффициентом повторности для осадки $k_s = (s_{ci} - s_s) / s_s$ и крена $k_i = (i_{ci} - i_s) / i_s$, где s_s , i_s – осадка и крен при статическом действии нагрузки, s_{ci} , i_{ci} – то же после i -ого цикла нагружения. Увеличение длительности цикла в диапазоне от 100 до 1000с не вызывает значительного изменения влияния повторных нагружений на деформативность основания (рис. 2)

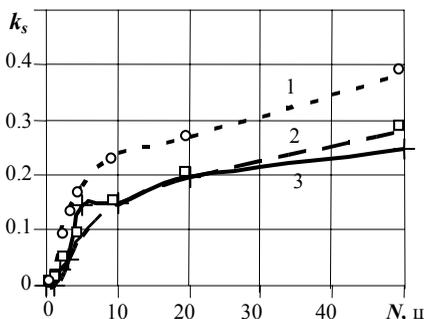


Рис. 3. Зависимости коэффициента k_s от количества циклов при угле $\delta=10^\circ$ уровне нагружения равном 0.4 (3), 0.6 (2) 0.8 (1)

Полученные зависимости коэффициентов повторности от количества циклов в основном имеют вид логарифмических кривых (рис. 3). Используя полученные данные можно рассчитывать осадки и крены фундаментов на глинистых грунтах с учетом влияния повторных нагружений.

Список литературы

1. Сорочан Е.А. Фундаменты промышленных зданий. - М.: Стройиздат, 1986. 303 с.
2. Леденев В.В. Основание и фундаменты при сложных воздействиях. - Тамбов: Тамбовск. гос. техн. ун-т, 1995. 400 с.
3. Алексеев В.М., Евдокимцев О.В., Леденев В.В. Влияние повторных нагружений фундаментов на деформацию грунтов основания // Вестник ТГТУ. Том 5. № 1. Тамбов, 1999. - С.118-124.

*Мазов А. А., Алиштайри Хишам Мухаммед,
Леденев В. В., Комаров И. А.*

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА ПРИЛОЖЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ГРУНТЕ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Антонова В. М.

*ТГТУ, Кафедра «Конструкции зданий
и сооружений»*

Цель работы — изучить распределение горизонтальных напряжений в грунте по глубине основания от нагрузки приложенной с эксцентриситетом. Разработана специальная установка и методика проведения экспериментов, изложенная в [1].

Условные обозначения. D_{st} — диаметр штампа, см; R_{st} — радиус штампа, см; e — эксцентриситет приложения нагрузки, см; $\bar{e} = \frac{e}{R_{st}}$ — относительный эксцентриситет приложения нагрузки; F — нагрузка на штамп, кН; F_{us} — несущая способность основания при $\bar{e} = 0$, кН; F_{ue} — несущая способность основания при $\bar{e} \neq 0$, кН; $\bar{F}_u = \frac{F_{ue}}{F_{us}}$ — относительная несущая способность основания; $\bar{F} = \frac{F}{F_{us}}$ — относительная нагрузка на штамп; L — расстояние от центра штампа до места измерения напряжений, см; $\bar{L} = \frac{L}{D_{st}}$ — относительное расстояние от центра штампа до места измерения напряжений.

Опыты проводили с различным значением относительного эксцентриситета \bar{e} (0,25; 0,5; 0,75). Наибольший интерес представляют опыты с $\bar{e} = 0,25$ и $\bar{e} = 0,5$. При большом значении эксцентриситета ($\bar{e} = 0,75$) происходит быстрое разрушение основания ($\bar{F}_u = 0,26$) и наблюдали незначительные горизонтальные напряжения, характер распределения которых не отличается от случая центрального приложения нагрузки [1].

При $\bar{e} = 0,25$ и $\bar{F} = 0,3$ горизонтальные напряжения изменяются также как и при центральном загрузении штампа (рис. 1). С увеличением нагрузки горизонтальные напряжения увеличиваются в среднем на 20 % по сравнению с центральным приложением нагрузки. Таковую закономерность

можно объяснить уменьшением начальной критической нагрузки ($p_{нач.кр}$), образованием зон пластических деформаций и более быстрым развитием горизонтальных напряжений по сравнению с центральным наружением штампа. Для $p < p_{нач.кр}$. горизонтальные напряжения изменяются также как и при центральном приложении нагрузки. При $\bar{e} = 0,5$ наблюдается увеличение горизонтальных напряжений в среднем на 100%.

При $\bar{e} = 0,25$ относительная разрушающая нагрузка $\bar{F}_u = 0,8$ (рис.

2). При $F = F_{uc}$ в основании за пределами штампа появилась трещина, по которой можно судить о разрушении основания. В дальнейшем осадка штампа росла без увеличения нагрузки, с увеличением ширины раскрытия трещины в основании. Во время проведения опыта не наблюдали отрыва штампа от основания.

При $\bar{e} = 0,5$ разрушающая нагрузка составила $\bar{F}_u = 0,5$ (рис. 2) и наблюдали отрыв штампа от основания.

Для анализа экспериментальных данных была получена функциональная зависимость несущей способности основания от эксцентриситета приложения нагрузки по методу наименьших квадратов (рис. 2).

Данная зависимость представляет собой линейную функцию, поэтому уравнение прямой согласно [2] можно записать в виде $y - \bar{y} = a \cdot (x - \bar{x})$, где $y = \bar{F}_u$; $x = \bar{e}$; \bar{x} и \bar{y} — средние значения координат данных точек;

параметр a определяется по формуле $a = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\bar{x}^2 - (\bar{x})^2}$. При наличии четырех

измерений, произведенных с одинаковой точностью, получаем следующие формулы для определения параметров:

$$\bar{x} = \frac{1}{4} \cdot \sum_{k=1}^4 x_k; \bar{y} = \frac{1}{4} \cdot \sum_{k=1}^4 y_k; \bar{x}^2 = \frac{1}{4} \cdot \sum_{k=1}^4 x_k^2; \overline{xy} = \frac{1}{4} \cdot \sum_{k=1}^4 x_k \cdot y_k.$$

Подставляя в формулы экспериментальные данные, получим аналитическое представление искомой функциональной зависимости.

$$\bar{x} = 0,375; \bar{y} = 0,64; \bar{x}^2 = 0,21875; \overline{xy} = 0,16125.$$

$$a = -1,008.$$

$$y - 0,64 = -0,252 \cdot \frac{x - 0,375}{0,25} \Rightarrow y = 1,018 - 1,008 \cdot x, \text{ и окончательно:}$$

$$\bar{F}_u = 1,018 - 1,008 \cdot \bar{e}.$$

Сумма квадратов отклонений измеренных величин составляет
 $S = 0,00168$.

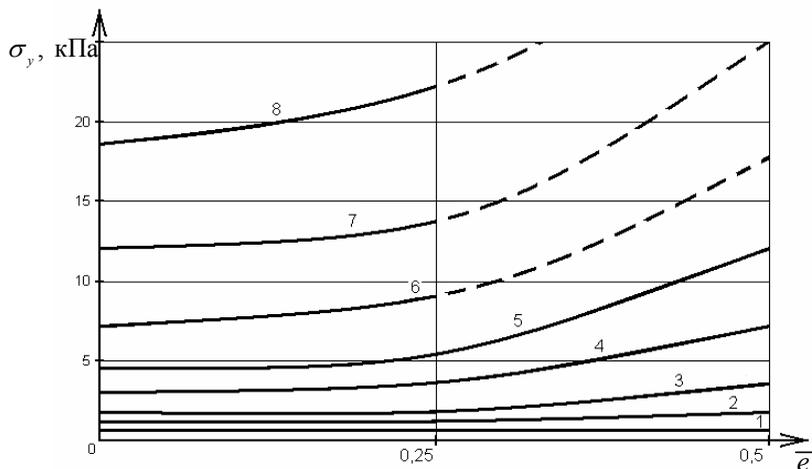


Рис. 1. Зависимость горизонтальных напряжений от эксцентриситета при $\bar{L} = 1,5$
и \bar{F} : 1 – 0,1; 2 – 0,2; 3 – 0,3; 4 – 0,4; 5 – 0,5; 6 – 0,6; 7 – 0,7; 8 – 0,8.

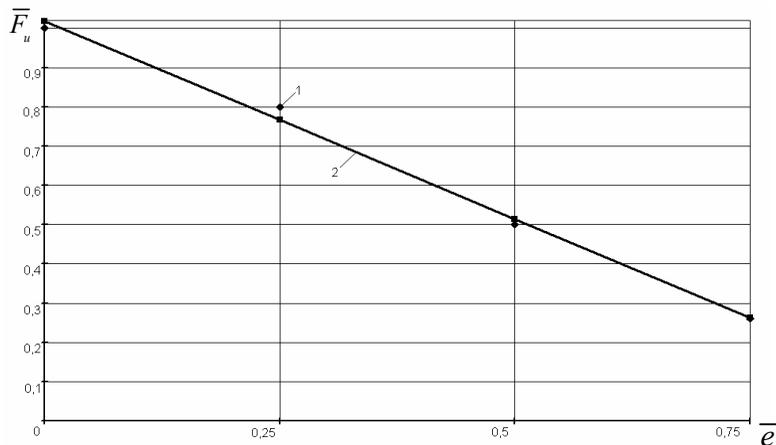


Рис. 2. Зависимость разрушающей нагрузки на штамп \bar{F}_u от эксцентриситета \bar{e} :
1 – экспериментальные значения; 2 – график функции $\bar{F}_u = 1,018 - 1,008 \cdot \bar{e}$

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. При незначительных нагрузках (до $\bar{F} = 0,2$) значение эксцентриситета не оказывает влияния на распределение горизонтальных напряжений.

2. При $\bar{F} > 0,2$ происходит резкое увеличение горизонтальных напряжений.

Список литературы

1. Мазов А.А., Алшутайри Х.М., Леденев В.В, Савинов Я.В, Комаров И.А. Экспериментальные исследования характера распределения горизонтальных напряжений в грунтах при разных семах нагружения (статья). – Прогрессивные технологии развития: Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции 17 – 18 декабря 2004 года., 2004. – с. 226
2. Румшинский Л. З., Математическая обработка результатов эксперимента – М.: «Наука», 1971. – 192 с.

Емельянов Д. В., Комаров И. А.

ОШИБКИ, ДОПУСКАЕМЫЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ

Работа выполнена под руководством д.т.н. Леденева В. В.

*ГГТУ, Кафедра «Конструкции зданий
и сооружений»*

Основные фонды города составляют здания и сооружения различного функционального назначения. При длительной эксплуатации вследствие различных природных и техногенных воздействий они подвергаются физическому износу (коррозия, деформация и прогибы, повреждения и разрушения).

Характерной особенностью последнего десятилетия является концентрация строительной деятельности преимущественно в зоне сложившейся городской застройки. Интенсивно застраиваются пустыри и лагуны. Осуществляется глубокая реконструкция исторических зданий. От строений, утративших внутреннюю отделку, во многих случаях остается только лицевой фасад, все внутренние конструкции заменяются на новые. При этом чрезвычайно важной задачей становится обеспечение совместной работы новых конструкций и сохраняемых старых стен.

Настоящей бедой для сложившейся городской застройки стало возведение новых зданий в непосредственном примыкании к существующим. Анализ причин развития деформаций эксплуатируемых зданий, показал, что более 50% случаев деформаций обусловлены техногенными факторами, связанными с ошибками при изысканиях, проектировании и строительстве примыкающих объектов. Глядя на сегодняшнюю практику строительства, можно констатировать, что практически ни одно новое строительство не обходится без существенного повреждения соседних зданий.

Одной из проблем нормального функционирования зданий и объектов в течение всего периода их использования является своевременное техническое обслуживание, ремонт и реконструкция. Сроки проведения ремонта зданий, объектов или их элементов должны определяться на основе оценки их технического состояния.

Аварии представляют собой полное или частичное обрушение конструкций, причиняющее большие материальные потери, а иногда сопровождающееся человеческими жертвами. Их нельзя относить к случайным явлениям. Изучение и анализ случившихся аварий свидетельствует

о том, что они часто происходят в результате одних и тех же причин и ошибок. Это может быть: недоучет действительной работы конструкции или ее усталость; несовместимость, разнопрочность или низкое качество материалов, используемых в конструкции; некачественное или неполное выполнение гидрогеологических изысканий, что в ряде случаев приводит к неравномерным осадкам зданий; отступление от установленных требований и правил при производстве строительно-монтажных работ, вызывающих перенапряжение и ослабление конструкций и даже потерю их устойчивости.

В настоящее время в нашей стране эксплуатируется несколько десятков миллионов тонн строительных конструкций. Наряду с высококачественными конструкциями и сооружениями имеются и такие, состояние которых затрудняет их эксплуатацию, а иногда приводит к авариям. Для решения этой проблемы необходимо всестороннее изучение аварий и повреждений конструкций.

Так как причины аварий разнородны и разнообразны, более того, не существует двух идентичных аварий, то стоит проводить различную классификацию по разным параметрам.

В статье рассматриваются следующие причины повреждения зданий:

1. Взаимное влияние рядом расположенных зданий.
2. Ошибки при эксплуатации зданий и сооружений.

Взаимное влияние зданий и сооружений. Современный город - это живой организм, растущий ввысь, вширь и вглубь. В постперестроечное время развитие города («вширь»), характерное для советского периода истории, сменилось интенсивным освоением пустующих участков городской территории. В Тамбове такие участки до сих пор остаются свободными. Очевидно, что застройка этих участков является неизбежной. По предложению С.Н.Сотникова должно соблюдаться условие:

$$\sum S_{od i} \leq S_{od u} ,$$

где $S_{od u}$ – предельно допустимая дополнительная деформация (осадка, относительная неравномерность осадок, крен) для соседней застройки, существующих сооружений; $S_{od i}$ – деформация, обусловленная влиянием i -го техногенного фактора на эту застройку.

При возведении нового здания в зоне возможного риска для существующих сооружений следует рассматривать следующие техногенные факторы:

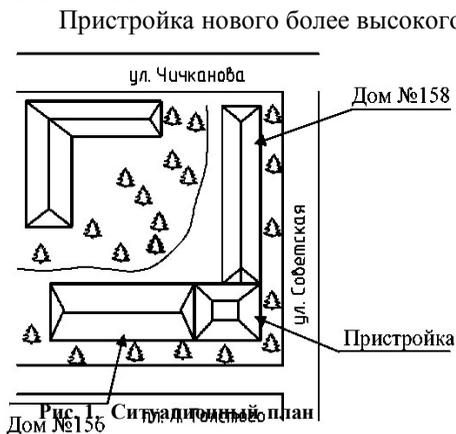
- изменение статических условий работы сооружения при откопке котлована (временное статическое воздействие);

- увеличение статической нагрузки на основание (постоянное статическое воздействие);
- изменение гидрогеологических условий площадки при строительстве и после его окончания (временные и постоянные гидродинамические воздействия);
- воздействие на основание при применении различных геотехнологий (временные технологические воздействия).

Снизить влияние постоянных статических воздействий на существующие сооружения можно путем:

- облегчения проектируемого здания;
- передачи нагрузок на основание за пределами зоны риска для сооружения;
- устройства «плавающего» фундамента.

Примером взаимного влияния могут служить здания по ул. Советская 156 и 158.



Пристройка нового более высокого (массивного) 6 этажного здания к существующему. Зданием недавно сделан косметический ремонт фасадов (оштукатуривание, побелка, покраска). Советская 158 (5^х этажное), фундамент ленточный сборный, стены выполнены из керамического кирпича:

Советская 156 (4^х этажное), фундаменты бутовые ленточные, стены выполнены из силикатного кирпича:

На момент обследования со слов жителей, а также в результате визуального обследования было установлено техническое состояние зданий.

В доме №158 новое раскрытие трещин не наблюдается. Имеются только старые не прогрессирующие трещины. В доме № 156 наблюдается образование новых трещин и раскрытие старых, разрушение оштукатуренного слоя, замачивание стен.

Нарушения правил технической эксплуатации зданий.

Приведен пример нарушения правил технической эксплуатации зданий.

Двухэтажное здание по ул. Мичуринская, 7. Год постройки 1956, фундамент бутовый ленточный, стены выполнены из силикатного кир-

пича. По рассказам жильцов в начале 90^х гг. производилось усиление стеновых конструкций металлическими поясами.

На момент обследования здания обнаружены многочисленные дефекты:

- протекание кровли, замачивание стеновых конструкций;
- частичное разрушение системы канализации, в следствие чего происходит регулярное замачивание основания, независимо от времени года;

- разрушение отмостки.

Полы первого этажа находятся в неудовлетворительном техническом состоянии (отклонение от горизонтальной плоскости, провалы). Трещины на фасадах здания развиваются.



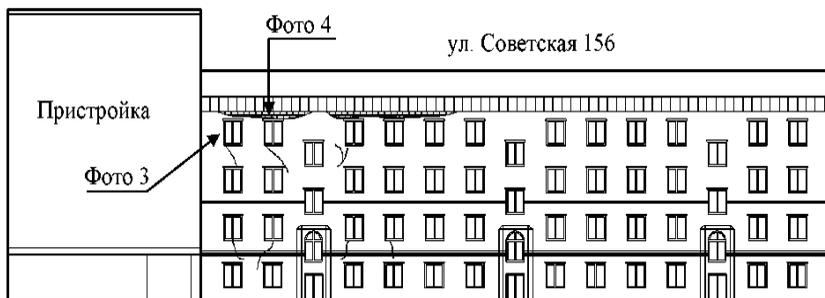


Рис. 2. Схемы трещин в стенах зданий по ул. Советской

Тарураев К. В., Юдаков В. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ПЕСЧАНОГО ОСНОВАНИЯ НЕСИММЕТРИЧНЫХ КОЛЬЦЕВЫХ ФУНДАМЕНТОВ

Работа выполнена под руководством к.т.н. Худякова А. В.

*ГГТУ, Кафедра «Конструкции зданий
и сооружений»*

При проектировании сооружений башенного типа (дымовые трубы, водонапорные башни, телевышки и т.д.) используют фундаменты круглой и кольцевой формы. Ограничения по СНиП 2.02.01-85* величины крена $i \leq [i]$ и краевых давлений $\sigma_{min} \geq 0$, $\sigma_{max} \leq 1,2R$ часто вызывают необходимость увеличения размеров фундамента. Для получения экономического решения применяют конструктивные мероприятия. Направленные на выравнивание перемещений и краевых давлений. В [1] С.М. Алейниковым предложена конструкция жесткого кольцевого фундамента с несимметричной формой внутреннего выреза.

Благодаря несимметричной форме кольца имеет место концентрация давлений в той части плиты, где её ширина меньше, что ведет к крену фундамента. Использование такой конструкции позволяет его устраивать при строительстве на грунтах переменной толщины.

В [2] приведены результаты экспериментов моделей таких фундаментов на наклонном жестком основании. В продолжении этой работы для уточнения сжимаемой зоны основания была проведена серия экспериментов в плоских лотках с прозрачной передней стенкой. Основанием служил песок в воздушно-сухом состоянии, который осыпался слоями по 1-2 см с уплотнением до $S = 1,45 \div 1,5$ г/см³. Сверху каждого слоя устраивали полосу из окрашенного песка. Нагрузку на модель передавали рычагом и доводили до разрушения. Картины деформирования полос зарисовывали.

Моделями фундаментов являлись деревянные штампы с двумя выступающими ребрами, имитирующими в разрезе кольцо (рисунок 1). Одно из ребер увеличивали на величину a . Её отношение к радиусу модели принималось $\bar{a} = \frac{a}{R} = 0; 0,2; 0,4; 0,6$.

Устраивались модели на поверхности, вертикальная нагрузка прикладывалась по центру и доводилась до разрушения основания или опрокидывания штампа.

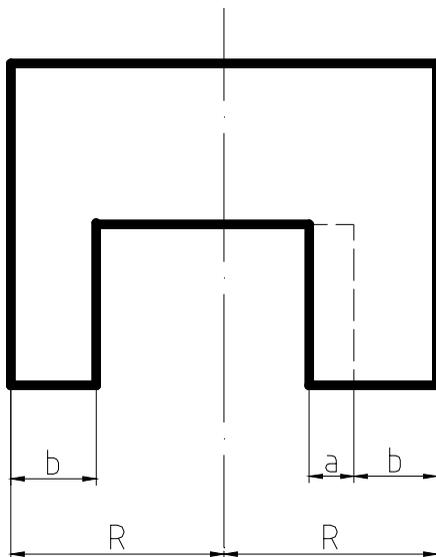


Рис. 1 . Схема модели фундамента

Для всех моделей характерно отсутствие выпора грунта, а образование деформационной воронки. Ширина её B с увеличением \bar{a} уменьшалась от $\bar{B} = B/2R \approx 3$ для модели с $\bar{a} = 0$ до $\bar{B} \approx 2$ для модели с $\bar{a} = 0,6$. В первом случае она симметричная, в остальных – несимметричная, смещенная в сторону узкой части фундамента.

Крен этих моделей происходил в том же направлении, увеличивающийся с возрастанием \bar{a} .

Глубина зоны деформирования основания H для $\bar{a} = 0$ равнялась ширине фундамента $2R$. Для всех остальных моделей она уменьшалась до $H = (1 \div 1,2)R$. При этом максимальное её значение находилось под узким ребром. Характер деформирования основания некоторых моделей приведен на рисунке 2.

Разрушающая нагрузка уменьшалась от $\bar{a} = 0$ до $\bar{a} = 0,4$, а затем вновь увеличивалась.

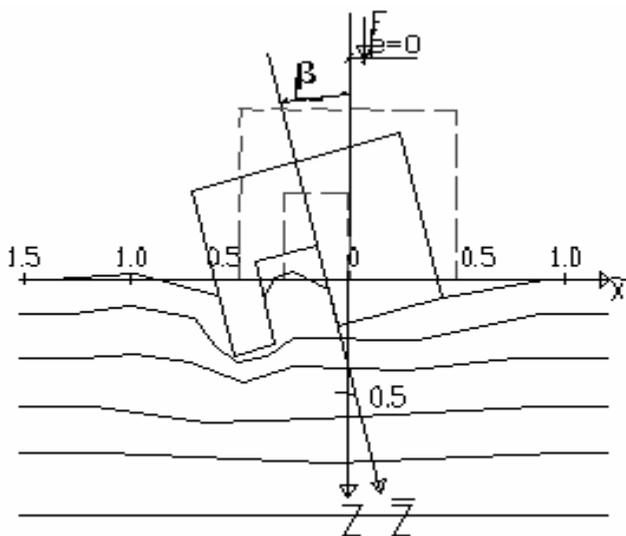


Рис. 2. Характер деформирования песчаного основания

Список литературы

1. Алейников С.М. Кольцевой фундамент с внутренним срезанным кругом. // Расчет и проектирование оснований и фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях. Межвузовский сборник научных трудов, Воронеж, 1996.-С.9-16.
2. Леденев В.В., Худяков А.В. Несущая способность и перемещения кольцевых фундаментов на наклонном песчаном основании. // Городские агломерации на оползневых территориях: Материалов международной конференции, 15-17 октября 2003 г., Волгоград/ ВолгГАСА. – Волгоград, 2003: 4И.-168 с.

Старков А. В., Антонов В. М

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРМИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВАНИЯ ПРИ СЛОЖНЫХ СИЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Антонова В. М.

*ТГТУ, Кафедра «Конструкции зданий
и сооружений»*

Статья посвящена вопросу исследования армирования оснований вращающихся нагруженных фундаментов наклонными металлическими сетками. В задачи исследований входило экспериментальное изучение влияния различных параметров нагрузки (эксцентриситета приложения, угла наклона и скорости приложения) и характеристик армирования (расположения арматуры) на деформативность и несущую способность армированного основания фундаментов.

Эксперименты проводились с заглубленной моделью в металлическом лотке–установке размерами $1,5 \times 1,85 \times 1,0(h)$ м, заполненном песком и оснащенной рычажной системой. Нагрузку создавали с помощью грузов, укладываемых на подвеску рычага с передаточным числом 1:10. В качестве основания использовался мелкий однородный песок из Красненского карьера города Тамбова. Влажность грунта основания находилась в пределах от 8 до 12%. Плотность основания составляла 1,8-1,85 г/см³.

В качестве фундамента использовали цилиндрическую модель диаметром $D=130$ мм и $h=150$ мм; контактная поверхность модели - гладкая.

В ходе испытаний определялась разрушающая нагрузка (P), осадка (s), крены (i) и горизонтальные перемещения (u) во всем диапазоне нагрузок. Горизонтальные перемещения измерялись одним, вертикальные перемещения измерялись двумя индикаторами часового типа ИЧ-10, укрепленными на реперной раме. Крен вычислялся как отношение разности вертикальных перемещений противоположных точек модели к расстоянию между точками крепления индикаторов.

Степень нагружения принималась 0,1 от предполагаемой разрушающей.

В экспериментах изменяли: относительный эксцентриситет приложения нагрузки $\bar{e}_0 = e_0/R = -0,5; 0$ и $+0,5$ (e_0 - эксцентриситет приложения силы, R - радиус модели) и интервал приложения нагрузки

($t=10, 100, 200, 400, 600, 800, 1000$ с.), неизменными оставались следующие параметры: угол наклона нагрузки $\alpha=25^\circ$, относительное заглубление модели $\bar{\lambda} = h/D=1$ (h - глубина погружения модели, D - диаметр), относительное заглубление арматурной сетки $\bar{h}_s = h_s/D = 0,04$ (h_s - глубина заложения сетки от подошвы фундамента), угол наклона арматурных сеток $\beta=25^\circ$, размеры сеток 150×150 мм. Диаметр стержней $d=4$ мм, шаг 30 мм.

Схема армирования показана на рис.1.

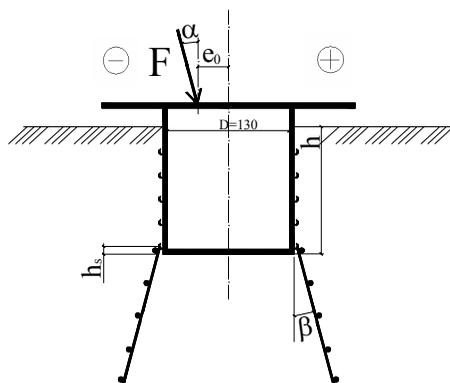


Рис. 1. Схема армирования основания

Результаты опытов приведены в таблице 1.

Таблица 1

\bar{e}_0	α, β , град.	t, с	P, кН
-0,5	25°, 25°	10	11,7
		100	17,0
		200	19,6
		400	14,8
		600	15,2
		800	14,8
		1000	16,4
0	25°, 25°	10	8,4
		100	9,6
		200	9,6
		400	12,0
		600	12,0
		800	10,2
		1000	9,0
+0,5	25°, 25°	10	6,0
		100	5,7
		200	5,7
		400	6,3
		600	6,3
		800	6,6
		1000	6,3

По результатам проведенных экспериментов на рисунке 2 представлен график развития горизонтальных перемещений (u) модели фундамента от нагрузки при разном интервале приложения нагрузки, для серии опытов с относительным эксцентриситетом приложения нагрузки $\bar{e}_0 = 0$.

Воеводкин В. Ю., Попов Е. В.

ОСАДКА КРУГЛЫХ И КОЛЬЦЕВЫХ ШТАМПОВ С ОДИНАКОВОЙ ПЛОЩАДЬЮ КОНТАКТА

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Струлева В. М.

*ГГТУ, Кафедра «Конструкции зданий
и сооружений»*

Круглые и кольцевые фундаменты широко используются в специальных инженерных сооружениях башенного типа. Стоимость фундаментов составляет 30...40% от общей стоимости сооружения и поэтому вопросы, связанные с уменьшением материалоемкости являются актуальными. Решением данной проблемы занимаются множество авторов [1,2,3,4].

Данная работа посвящена экспериментальным исследованиям влияния процента пустотности (ϵ) на осадку круглых и кольцевых штампов, нагруженных вертикальной центральной и внецентренно (с эксцентриситетом $e=10\text{см}$) приложенной нагрузкой.

Испытания проводились в лотке с размерами $2.5 \times 2 \times 1.5\text{м}$. Основанием служил маловлажный пылеватый песок ($w=0,05$) послойно уплотненный до плотности $\rho=1,8\text{ г/см}^3$. Перед началом эксперимента песок убирали на глубину 2...3 диаметра модели ниже подошвы. Просеянный песок отсыпали слоями по 20см и уплотняли металлической трамбовкой. Требуемая плотность основания достигалась определенным числом ударов трамбовки по одному следу.

На предварительно уплотненный грунт устанавливалась железобетонная модель. На стаканную часть модели укладывалась металлическая плита для равномерного восприятия нагрузки. Нагрузка на модель передавалась с помощью гидравлического домкрата ступенчато, с поддержкой на каждой ступени до наступления условной стабилизации перемещений. Каждая ступень составляла 0.1 от предполагаемой максимальной нагрузки. Эксперименты не доводились до полного разрушения основания. Осадка (S) определялась с помощью двух индикаторов часового типа ИЧ-10, с ценной деления 0.01 мм, укрепленными на реперной раме.

Были изготовлены штампы с одинаковой площадью контакта $A \approx 1524,7\text{см}^2$, но разным процентом пустотности (ϵ). Для сравнения были взяты штампы: сплошной штамп $\epsilon=0\%$, $D=440\text{мм}$ (D -внешний диаметр штампа); перфорированный штамп $\epsilon=4.13\%$ (227 отверстий диаметром 6мм), $D=450\text{мм}$; перфорированный штамп $\epsilon=4.13\%$ (4 отверстия диа-

метром 45мм), $D=450$ мм и кольцевой $d/D=0.2$ (d -внутренний диаметр штампа, D -внешний диаметр штампа), $D=450$ мм. Графики зависимости осадки от нагрузки при центральном и внецентренном нагружении представлены на рис. 1,2.

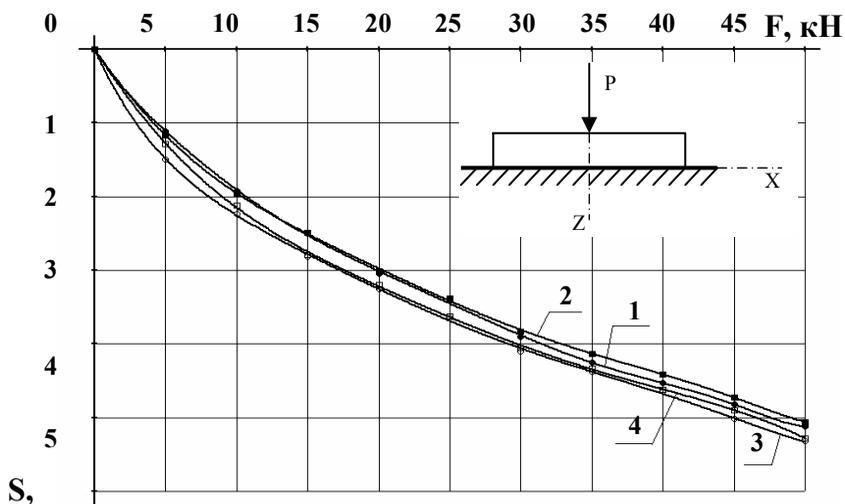


Рис. 1. Зависимость осадки штампов от нагрузки при центральном нагружении: 1-сплошной штамп $\varepsilon=0\%$; 2-перфорированный штамп $\varepsilon=4.13\%$ (227 отверстий $\varnothing 6$ мм); 3-перфорированный штамп $\varepsilon=4.13\%$ (4 отверстия $\varnothing 45$ мм); 4-кольцевой штамп $d/D=0.2$

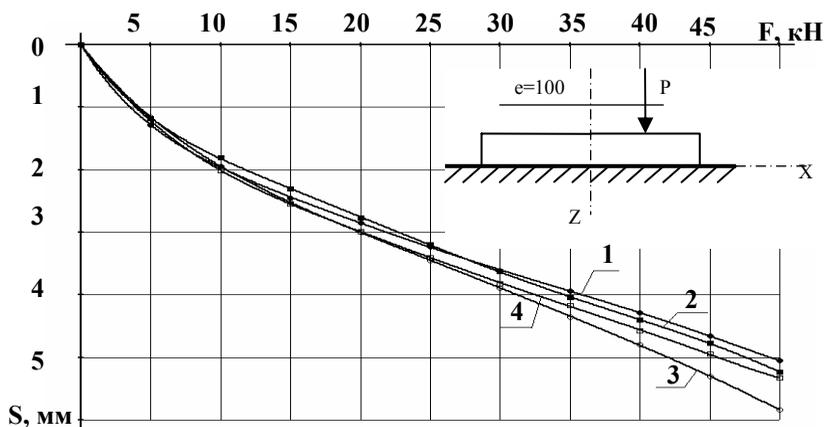


Рис. 2. Зависимость осадки штампов от нагрузки, при внецентренном нагружении: 1-сплошной штамп $\varepsilon=0\%$; 2-перфорированный штамп $\varepsilon=4.13\%$ (227 отверстий $\varnothing 6$ мм); 3-перфорированный штамп $\varepsilon=4.13\%$ (4 отверстия $\varnothing 45$ мм); 4-кольцевой штамп $d/D=0.2$

При центральном нагружении видно, что при малых нагрузках от 0 до 50 кН различный вид перфорации практически не влияет на осадку

штампов, что объясняется практически равным объемом грунта вовлекаемым в работу.

При внецентренном нагружении видно, что перфорированный штамп с 4-мя отверстиями $\varnothing 45$ мм имеет наибольшую осадку по сравнению с другими штампами и является наиболее невыгодным. Наименьшую осадку имеет сплошной штамп. Следует отметить, что при приблизительно равных значениях осадки предпочтение можно отдать штампу с большим диаметром, так как он более устойчив.

Из графиков видно, что на первоначальной стадии нагружения происходит доуплотнение грунта основания. Далее наблюдается линейная зависимость осадки от нагрузки.

Следует отметить, что кольцевые штампы имеют меньшее значение радиальных и окружных изгибающих моментов по отношению к сплошным штампам. Что касается прочности перфорированных штампов, то задача по определению внутренних усилий является достаточно сложной и мало изученной.

Список литературы

1. Ю. Ф. Тугаенко, С. И. Кушак Деформации оснований кольцевых фундаментов.- Основания, фундаменты и механика грунтов. 1985, №4.
2. М. А. Бородин, В. Г. Шаповал, В. Б. Швец Исследования осадок основания кольцевых фундаментов.- Основания, фундаменты и механика грунтов. 2001, №1.
3. А. В. Худяков, В. В. Леденев, В. М. Струлев К расчету армирования фундаментов сооружений башенного типа. // Труды ТГТУ, вып. №6, Тамбов. 2001.
4. А. В. Худяков Опыты с кольцевыми штампами. // Расчет и проектирование оснований и фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях. Межвузовский сборник научных трудов. Воронеж. 1992.

Направление 210200

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Магистерская программа 210200.05

Информационные технологии проектирования электронных средств

Руководитель программы д.т.н., проф. Муромцев Ю. Л.

Орлов С. В.

УНИФИЦИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ РЕШЕНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ ЗАДАЧ

Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Муромцева Ю. Л.

*ГТУ, Кафедра «Конструирование радиоэлектронных
и микропроцессорных систем»*

При создании информационной технологии построения экспертных систем (ИТПЭС) [1] возникла задача создания абстракций над экспертными системами (ЭС) нескольких видов (идентификация модели динамики, анализ и синтез оптимального управления, принятие экспертно-обоснованных решений и др. [2]), для объединения их возможностей в рамках интегрированной оболочки и единого цикла проектирования систем оптимального управления (СОУ). Важнейшей абстракцией является унифицированная модель решения экспертных задач

(МРЭЗ), положенная в основу единой базы знаний целевых ЭС (ЭС, разрабатываемых на базе ИТПЭС).

МРЭЗ основана на модели стереотипного мышления [3], выражаемой на декларативном уровне следующим образом:

$$C : D \times P \rightarrow D^*, \quad (1)$$

где C – множество операторов применения осознанных стереотипов,

D — множество дескриптивных моделей, P — множество прескриптивных моделей, D^* — множество дескриптивных моделей, получаемых применением стереотипов. Различные МРЭЗ успешно применяются в ряде ЭС, однако их реализация совместима лишь с узким спектром решаемых экспертных задач, а декларативная детализация, операционный и процедурный уровни являются ноу-хау разработчика.

Актуальной является задача создания открытой МРЭЗ, универсально применимой для решения широкого спектра экспертных задач при следующих ограничениях:

- целевая ЭС не обладает развитым естественно-языковым интерфейсом;
- ЭС не предназначена для работы с апостериорными данными, т.е., не является системой реального времени (что не исключает возможности ее применения для синтеза управляющих систем реального времени);
- решение экспертной задачи могут быть определены в виде процесса, базовая модель которого представлена на рисунке 1 в нотации IDEF-SADT.

С учетом сформулированных ограничений, на основе модели стереотипного мышления, автором разработана унифицированная МРЭЗ, применимая для решения широкого спектра экспертных задач и являющаяся архитектурным фундаментом базы знаний (БЗ) ИТПЭС. Главными особенностями МРЭЗ являются:

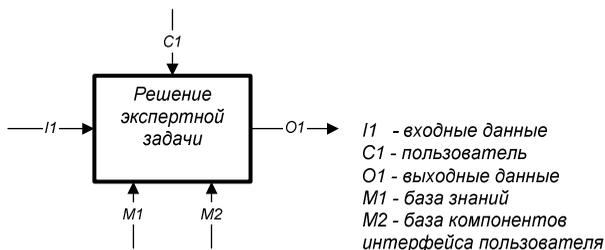


Рис. 1. Базовая модель процесса решения экспертной задачи

- способность осуществлять идентификацию задачи на основе данных, полученных из компонентной БД ИТПЭС, рассмотренной в [1] (описывающей не условия задач а структурированную модель, составленную исследуемыми объектами, явлениями, процессами предметной области);

- разделение интеллектуальных и вычислительных¹ алгоритмов;
- компонентная структура и открытый программный интерфейс.

Следует повторно отметить, что БД содержит не условия задач, а описания структурно связанных исследуемых сущностей (явлений, процессов, объектов) предметной области, т.е., содержащиеся в ней сведения непосредственно не являются постановкой какой-либо задачи. Также, содержащиеся в БД, данные могут быть вообще недостаточны для постановки и решения какой-либо задачи. Для извлечения из БД исходных данных, относящихся к той, или иной задаче, необходимо ввести некоторый оператор преобразования A , осуществляющий анализ структурированных сведений, содержащихся в БД, выборку данных, формирование предварительных выводов о возможности решения задачи, создание формальной постановки задачи в виде спецификации. Назовем этот процесс идентификацией задачи, и представим оператор следующим образом:

$$A : D_{\theta}^{ucx} \rightarrow \zeta, \quad (2)$$

где D_{θ}^{ucx} — исходный компонент данных (КД), ζ — спецификация. Оператор осуществляет анализ некоторого базового (исходного) компонента данных (КД), обозначенного D_{θ}^{ucx} , и КД, соединенных с исходным какими-либо связями. Шаблоны анализа, абстрагируемые оператором, являются разновидностью конструктивных знаний о предметной области — сведениями о взаиморасположении сущностей предметной области и связях между ними, и определены термином «структурная постановка задачи».

Решение задачи может состоять из множества элементарных этапов, включающих применение как интеллектуальных, так и прочих алгоритмов, универсально применимых в процессе решения различных задач. Реализацию такого алгоритма назовем вычислителем, и будем рассматривать, как неделимый элемент процедурных знаний, выраженный оператором B преобразования спецификации:

$$B : \zeta \rightarrow \zeta', \quad (3)$$

¹ Под вычислительными алгоритмами здесь понимаются алгоритмы, реализующие сформулированные экспертами процедурные знания, но не обладающие непосредственными признаками интеллектуальности. Примером такого алгоритма может являться параметрическая идентификация модели динамического объекта, задача анализа и синтеза ОУ, и т.п.

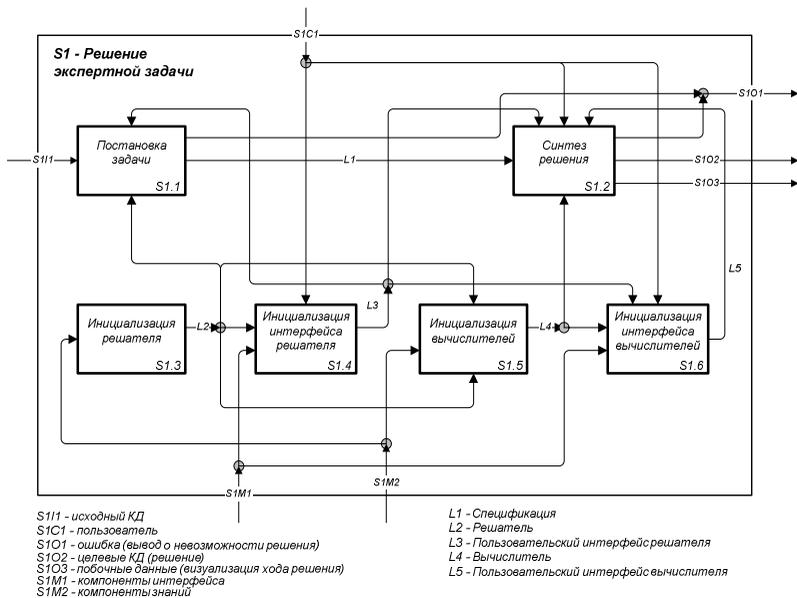


Рис. 2. Функциональная модель процесса решения экспертной задачи

где ζ — спецификация в исходном виде, ζ' — в преобразованном виде.

Для размещения выходных данных задачи в БД необходимо ввести преобразование, обратное (2). Целью этого преобразования является анализ спецификации, содержащей на данном этапе выходные данные и выводы, и размещение их в БД в виде множества целевых КД $\{D_{\theta}^y\}$.

Определим это преобразование в виде оператора \bar{A} :

$$\bar{A} : \zeta \rightarrow \{D_{\theta}^y\}. \quad (4)$$

Таким образом, процесс решения некоторой экспертной задачи можно представить в виде синтеза из БД спецификации (2) относительно исходного КД, последовательного применения к ней вычислителей (3), и преобразования измененной спецификации к набору целевых КД, соответствующих выходным данным и выводам (4). Этот процесс уникален для каждой экспертной задачи и формализуется в виде метазнаний (знаниями об управлении знаниями). Элемент метазнания такого рода назовем решателем и представим в виде кортежа:

$$\Omega = \langle A, \{B\}, \bar{A} \rangle. \quad (5)$$

Процесс решения экспертной задачи можно представить эквивалентно модели (1), с учетом (2) – (4) следующим образом:

$$\Omega : D_{\theta}^{ucx} \rightarrow \{D_{\theta}^y\}, \quad (6)$$

где D_{θ}^{ucx} — исходный КД, Ω — применяемый решатель в виде составного оператора, $\{D_{\theta}^y\}$ — множество целевых КД. Выражение (6) и является МРЭЗ в нотации теоретико-множественной модели.

Функциональная модель процесса решения экспертной задачи представлена на рисунке 2 в нотации IDEF-SADT.

В настоящей статье рассмотрен декларативный уровень МРЭЗ, применимой для решения широкого спектра экспертных задач в рамках ИТПЭС, с учетом сформулированных ограничений. Внедрение МРЭС в архитектуру позволяет снизить трудозатраты при дополнении целевых ЭС новыми знаниями, и дополнении ИТПЭС новыми видами ЭС. В настоящее время на базе ИТПЭС успешно реализована ЭС, осуществляющая решение простых задач оптимального управления.

Разработка операционного и процедурного уровней МРЭС осуществляется в рамках магистерской диссертации.

Список литературы

1. Ю.Л. Муромцев, С.В. Орлов. Информационная технология построения экспертных систем на моделях // Фундаментальные и прикладные исследования, инновационные технологии, профессиональное образование: сб. трудов XI науч. конф. ТГТУ. В 2 ч. / Тамб. гос. техн. ун-т. Тамбов, 2006. Ч.1. С. 172 – 176.
2. В. В. Орлов, С. В. Орлов. Автоматический синтез систем оптимального энергосберегающего регулирования // Компьютерная хроника. 2001. №5. С. 75-80.
3. Рубцов С.В. Целевое управление в корпорациях. Управление изменениями. - М.: 2001 // <http://or.rsv-narod.ru>

Баранов А.М.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ИНТЕРФЕЙСА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Артемовой С. В.

ГТУ, Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»

На кафедре «КРЭМС» разработана экспертная система энергосберегающего управления (ЭС). Структура ЭС представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Структура экспертной системы

Данная структура свойственна экспертным системам, основанным на знаниях [1]. Основные компоненты: Пользовательский интерфейс, модуль «Анализ и синтез оптимального управления в одном состоянии и на множестве состояний функционирования», модуль «Идентификация динамического объекта и моделирование работы системы оптимального управления», база данных, система символьно – графического отображения информации, база знаний.

Практическая реализация программы «Экспертная система энергосберегающего управления» имеет следующую структуру, существенно отличающуюся от предыдущей (Рисунок 2):



Рис. 2. Структура программы ЭС

Можно выделить следующие элементы: Пользовательский интерфейс, база знаний, представленная рядом модулей, каждый из которых несет в себе собственную функциональность. Например, модули типа «Архив четверок» включают программные средства, реализующие анализ и синтез оптимального управления, модули «Идентификация» отвечают за идентификацию модели динамического объекта и др. База данных объектов управления (ОУ) в данной схеме отсутствует, вместо нее в модулях возможно сохранение и открытие данных. Следует отметить, что в таком построении системы модули перегружены функциональностью, добавление нового компонента влечет написание достаточно сложного программного кода. Роль интерфейса ЭС сводится к представлению пользователю базы знаний и загрузке выбранного компонента. Ввод и вывод данных осуществляется с помощью интерфейса самого модуля. Т.е. все элементы базы знаний существуют сами по себе независимо друг от друга. В связи с таким построением системы и ограниченностью основного интерфейса невозможно добавить (без существенных изменений) какие – либо элементы интеллектуальности, расширить функциональность, просто внести компоненты, работающие с несколькими модулями.

Особенностью сложных систем является наличие пошагового режима работы, который в данном случае невозможно реализовать [2].

Вот перечень причин, которые привели к необходимости разработки нового интерфейса ЭС лишённого всех перечисленных недостатков.

Структурная схема нового интерфейса ЭС показана на рисунке 3.

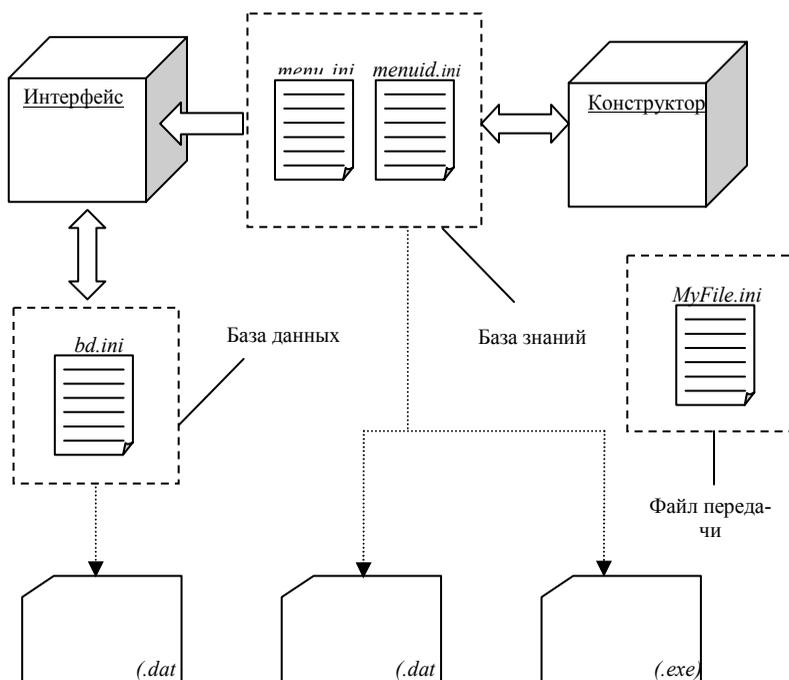


Рис. 3. Структурная схема интерфейса ЭС

Структурная схема состоит из следующих элементов:

- интерфейс ЭС – оболочка модулей ЭС, назначение: предоставление работы с модулями для нескольких пользователей, использование базы данных, поиск справочной информации, администрирование системы;
- файлы конфигурации – (*ini* – файлы), назначение: содержат системную информацию – ссылки на файлы модулей, *dat* – файлы, существует несколько режимов работы: пошаговый (*Wizard*), профессиональный, параметры загрузки, справочные данные (*menu.ini*, *menuid.ini* – составляют базу знаний ЭС, *bd.ini* – формирует базу данных ОУ);
- «Конструктор» - программа предназначена для работы с *dat* – файлами, встроен модуль редактирования базы знаний;
- системные каталоги: «*bd*» содержит файлы базы данных, «*Modules*», «*Forms*» - модули (*exe* - файлы) и *dat* – файлы соответственно;

- файл передачи данных *MyFile.ini*.

Опишем взаимодействие компонентов между собой. Основные элементы интерфейса ЭС – это база знаний, база данных ОУ, справочная система. С целью избежания неудобств, связанных с редактированием модулей, данных об ОУ, все компоненты интерфейса создаются динамически при загрузке системы на основании информации файлов конфигурации. Системные файлы – *ini* – файлы, структуры их секций таковы, что их данные полностью описывают модули во всех имеющихся режимах работы с точки зрения, как пользователя, так и администратора ЭС. Следует сказать, что реальные приложения и *dat* – файлы содержатся в системных папках: *«bd»*, *«Modules»*, *«Forms»*. Системные файлы содержат ссылки. Важнейшая роль в структуре ЭС отводится программе «Конструктор», который осуществляет настройку конфигурации базы знаний ЭС, параметры, характеристики, техническое описание модулей. Достоинство такого подхода – при подключении нового компонента к системе, интерфейс ввода данных можно создать в программе «Конструктор», не изменяя программного кода, заменяя утомительное программирование несложными действиями по созданию формы. Благодаря широкому выбору готовых программных элементов вы можете создавать интерфейс для модулей различной направленности типа «Архив четверок», «Идентификация» и др. Если интерфейс все – таки реализовать не удастся, предусмотрена возможность запуска модуля без передачи данных. Данным средством рекомендуется пользоваться администратору.

Главное достоинство – программа предоставляет единый формат интерфейса для всех модулей, благодаря чему становится возможным внесение элементов интеллектуальности в ЭС и расширение ее функциональной стороны, например добавление пошагового режима работы. Реализуется корректная работа даже при изменении в базе знаний.

Список литературы

1. В.Н. Убейко. Экспертные системы. – М.: МАИ, 1992, – 355с.
2. Организация взаимодействия человека с техническими средствами АСУ, том 7: «Системное проектирование взаимодействия человека с техническими средствами», редакция В.Н. Четверикова, Москва, «Высшая школа», 1993. – 405с.

Элементы и устройства электронно-вычислительных средств

Руководитель программы д.т.н., проф. Брусенцов Ю. А.

Попов А. В., Попов В. Ф., Шелохвостов В. П.

МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ОБРАЗЦОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ КОНГЛАМЕРАТОВ УГЛЕРОДНЫХ НАНОВОЛОКОН

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Попова В.Ф.

ТГТУ, Кафедра «Материалы и технология»

В данной работе предпринята попытка создания нового композитного материала, полученного методом порошковой металлургии из медного порошка и армированного углеродными нановолокнами в виде конгломератов. Показано, что наличие включений нановолокон увеличивает прочностные характеристики в локальных участках, непосредственно примыкающих к конгломерату, примерно на 40% по сравнению с матричными участками. Данный эффект объясняется с позиций дислокационной теории. В работе используется широкий спектр современного экспериментального оборудования. Развитие материалов с новыми свойствами в значительной мере связано с прогрессом в области создания нанообъектов. Однако их большая удельная стоимость в значительной мере ограничивает создание деталей, целиком состоящей из подобных структур. В этой связи весьма перспективным представляются способы изготовления элементов конструкций из композитных материалов, в которых традиционные составляющие армированы объектами наноразмерных масштабов.

Образцы диаметром $16 \cdot 10^{-3}$ м и толщиной $2 \cdot 10^{-3}$ м изготавливались из медного порошка дисперсностью 0,1 мкм. Нановолокна получались методом каталитического пиролиза метана, в котором возможно реализовать гибкое и раздельное управление условиями образования нанообъектов.

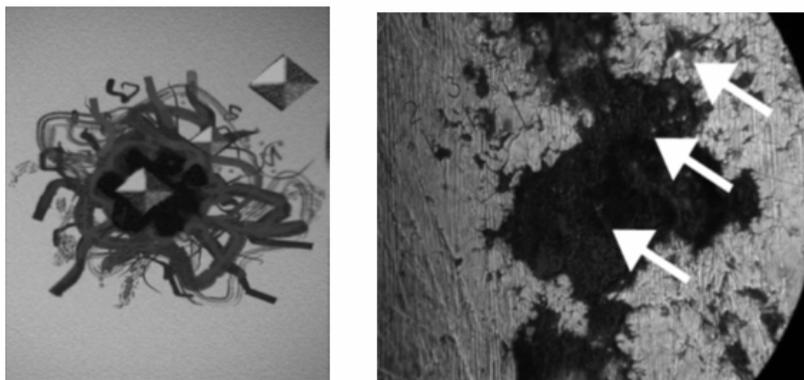
В качестве катализатора использовался порошок никеля, который находился в реакторе на кварцевом поддоне, установленном на весах. Время разогрева реактора составляло 40 мин. Далее при температуре 600°C происходил пиролиз углеводорода и образование на частицах металла нановолокон в виде конгломератов нанотрубок. Диаметр каждой нанотрубки не превышал нескольких десятков нанометров. Отработанный газ затем выводился из реактора. Время протекания процесса при рабочей температуре составляло 1 час.

Для изготовления образцов использовался медный порошок с дисперсностью 0,1 мм. Его смешивали с нановолокнами в различных весовых соотношениях в контейнере, выполненном из фторопласта, содержащем мелющие тела, представляющие собой шарики диаметром 6 мм, выполненные из меди.

Время смешивания составляло 1 час. На следующем этапе происходил процесс прессования образцов в специальной пресс-форме, состоящей из матрицы 1, и двух пуансонов. Прессование извлеченной из контейнера смеси осуществлялось на гидравлическом прессе с давлением $3 \cdot 10^8$ Па. Изготовленные образцы диаметром 16 мм и высотой 5 мм подвергались спеканию в вакуумной печи СНВЭ-1,3/16-44 УХЛ 4.1 при вакууме $\sim 1 \cdot 10^{-3}$ Па.

Спекание проводилось при температуре 800°C в течении 3 часов. В результате получались образцы новых материалов для дальнейших исследований.

Целью микромеханических испытаний являлось выявление прочностных свойств локальных участков композита, непосредственно в районе контакта медь – конгломерат нановолокон. Для этого использовался микротвердомер ПМТ-3.



а)

б)

Рис. 1. К описанию методики микромеханических испытаний:

а) схема испытаний; б) фотография поля испытаний ($\times 600$)

При вдавливании алмазной пирамидки в образце происходила пластическая деформация и образовывался отпечаток. Мерой твердости в этом методе являлась площадь поверхности отпечатка.

Микротвердость вычислялась по формуле

$$H_{\mu} = \frac{P}{F_{omn}} = 2 \frac{P}{a^2} \sin \frac{\alpha}{2} = 18,54 \frac{P}{a^2} \frac{MH}{M^2},$$

где P - нагрузка на индентор, H (нагрузка на индентор P составляла $0,2H$), $\alpha = 136^{\circ}$ - угол при вершине алмазной пирамидки, a - размер диагонали отпечатка.

Конгломерат представляет собой фрактальный объект, поэтому представлялось рациональным провести первое испытание в центральной части конгломерата (данный отпечаток выполнял роль отправной точки). Следующее испытание, т.е. создание отпечатка индентора проводились на определенном расстоянии и т.д. В результате получалась цепочка отпечатков (рис.1б, края отпечатков обозначены стрелками). По результатам испытаний определялось число твердости H_{μ} и строился график распределения микротвердости по расстоянию от отправной точки (рис. 2).

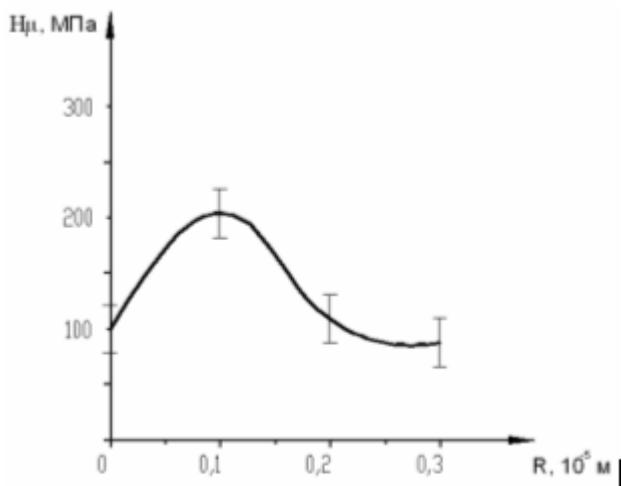


Рис. 2. Распределение числа твердости H_{μ} по расстоянию от центрального отпечатка

Из рис. 2 видно, что максимум кривой соответствует $\approx 1 \cdot 10^{-7}$ м от центрального отпечатка, что соответствует периферийной части конгломерата ноноволокон.

Это значение представляется вполне объяснимым в рамках классической теории дислокаций, если мы представим себе структуру углеродного конгломерата.

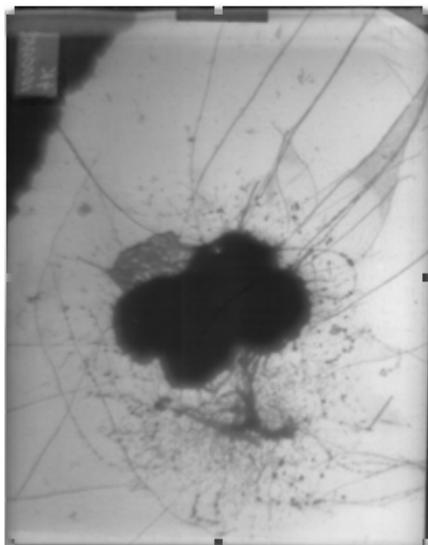


Рис. 3. Конгломерат нановолокон ($\times 10000$)

На рис. 3 представлена фотография подобного объекта, полученная с помощью электронного микроскопа ЭМВ-100А. Из нее следует, что он выглядит как довольно плотный «клубок» нановолокон, а его периферия - это в основном пучки переплетенных и единичных нанотрубок.

Во время испытания на микротвердость при вдавливании алмазной пирамидки происходила пластическая деформация в области, непосредственно примыкающей к району испытания. Как известно, она представляет собой ни что иное, как движение дислокаций. Их распространение происходило сравнительно легко в довольно мягкой медной составляющей спеченного композита. Доходя до нанотрубок, дислокации тормозились в своем движении. Этот процесс неминуемо сопровождался увеличением плотности дислокаций у подобных «барьеров», что в свою очередь приводило к увеличению прочности и, как следствие, к возрастанию микротвердости, что и фиксировалось во время проведения опытов.

Подобный процесс реализуется тем более активно, если принять во внимание то обстоятельство, что нановолокна в диаметре сравнимы по размерам с размерами дислокаций. Процесс упрочнения традиционных порошковых материалов на стадии их изготовления представляется в

этой связи довольно перспективным. При том условии, что отдельные нанотрубки равномерно распределены по всему объему детали, они являются весьма дисперсными барьерами на пути движения дислокаций. Если преодолеть технологические трудности в процессе получения обособленных углеродных нанообъектов в промышленном количестве по доступным ценам, откроется перспектива создания нового класса порошковых материалов – с заранее запланированной плотностью упрочняющих нановключений.

Список литературы

1. Либерсон Г. А. Процессы порошковой металлургии: В 2Т: Учебник для вузов, Т.2: Формования и спекание./ Г.А. Либерсон, В.Ю. Лопатин, Г.В. Комарницкий. – М.:МИСИС, 20001, 320с., ил.
2. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований./ Под. Ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса и П. Аливисатоса. Пер. с англ. – М.: Мир 2002. – 292 с., ил.

Направление 080300

КОММЕРЦИЯ

Руководитель программы д.э.н., проф. Денисова А. Л.

Хазанова Д. Л.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ СЕТЕВОЙ СТРУКТУРОЙ БИЗНЕСА

Работа выполнена под руководством д.п.н. Молоткова Н. В.

*ТГТУ, Кафедра «Технологии и организации
коммерческой деятельности»*

В настоящее время на российском рынке наблюдается высокий рост сетевых структур. Крупные компании стремятся открывать свои представительства и филиалы не только в основных деловых центрах страны, но и в более мелких городах. Данная тенденция хорошо просматривается на примере операторов мобильной связи, коммерческих банках, сетях магазинов продовольственных и непродовольственных товаров. Все чаще и чаще вместо маленьких привычных магазинчиков открываются супермаркеты с известным именем. Это является типичным примером мировой глобализации, стремлением компаний отвоевать как можно большую долю рынка, увеличивая свои масштабы.

Работая под именем известной марки представительства несут огромную ответственность за качество поддержания ее имиджа. Они обязаны соблюдать все стандарты качества работы, которым придерживается головная компания. И это является основным плюсом – высокая планка качества. Также, среди преимуществ сетевых структур

стоит отметить налаженную четкую систему управления и высокую степень социальной ответственности перед работниками и покупателями.

Основной минус крупных сетевых структур – это замедление процесса адаптации к региону, поскольку сеть работает по единой установленной программе и редко учитывает особенности региона. Также следует отметить, что появление крупных компаний на рынке значительно снижает долю малого бизнеса, который не способен выдержать подобную конкуренцию, в первую очередь – ценовую, поскольку за счет «эффекта масштаба» крупные сети вполне способны устанавливать минимальный уровень цен, что является доминирующим фактором влияния на пристрастия потребителя к тому или иному магазину.

Как правило, в сетевых структурах существует четкая иерархическая модель управления. И на местах в регионах представительства лишь выполняют предписания высшего звена. Для данной модели важна оперативность управления, а, следовательно, быстрота и надежность передачи информации.

За счет значительных инновационно-технологических успехов двух последних десятилетий и рост продуктивности использования возможностей цифровой обработки данных в системе коммуникаций это задача становится легко решаемой путем внедрения корпоративных информационных систем.

Корпоративные информационные системы, прежде называвшиеся автоматизированными системами управления предприятиями, развиваются за счет активного использования персональных компьютеров, инструментов ускоренной разработки приложений и графических пользовательских интерфейсов функции управленческих информационных систем.

Их развитие актуально по следующим направлениям:

- расширение возможностей и отдельных приложений по функционально-технологическому и отраслевому принципам;
- интеграция систем организационного управления со смежными системами.

В настоящее время стандарт построения систем управления производством и дистрибуцией включает 16 функций, объединяющих все области коммерческой деятельности, в том числе планирование продаж и производства; управление спросом; финансовое планирование; оценка результатов деятельности и другие.

Таким образом, на данный момент информационные технологии, в частности корпоративные системы, «стирают» географический барьер для управления. Оперативность передачи информации о запасах,

заказах, продажах и подобных базовых показателей коммерческой деятельности достигла наивысших показателей, что позволяет четко отслеживать состояние дел на местах, корректировать планы, учитывая «обратную» информацию и работать по системе «24/365».

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ СБЫТА НА ОСНОВЕ ИКТ

Работа выполнена под руководством д.п.н. Молоткова Н. В.

*ТГТУ, Кафедра «Технологии и организации
коммерческой деятельности»*

Одной из главных движущих сил происходящих сегодня революционных изменений в методах ведения бизнеса являются современные информационные технологии, направленные на эффективное использование всех каналов коммуникаций с клиентом для сбора, обработки, анализа данных с целью превращения их в информацию, что и дает возможность реализации продукции предприятия. Они стали незаменимым средством взаимодействия всех субъектов рынка, инструментом ведения бизнеса, применяемым для осуществления большинства бизнес процессов компаний.

При внедрении новых технологий, постоянного увеличения числа клиентов и объемов продаж, стоит задуматься о проблемах которые станут возникать из-за большого количества клиентов, информация о них станет недостаточной либо разрозненной и труднодоступной. В условиях жесткой конкуренции стоит обеспечить индивидуальный подход и эксклюзивное обслуживание каждого клиента вне зависимости от их количества повысить эффективность работы отделов обслуживания клиентов, маркетинга, продаж, сервиса. Также один из способов увеличения продаж это Интернет – магазин.

Однако механизм и система работы интернет-магазина не решают сбытовых проблем более крупных компаний, настроенных на оптовую реализацию своей продукции. Для этих целей в Интернете и существуют электронные товарные биржи («торговые площадки»), в основе работы которых, лежит технология, позволяющая организовать взаимодействие между службами сбыта фирм-поставщиков и службами снабжения фирм-покупателей в режиме реального времени. Онлайн-овая товарная биржа — не что иное, как одна из форм B2B-коммерции, способствующих оптимизации заключения межкорпоративных сделок и проведению оптовых торгово-финансовых транзакций.

Наряду с широкими возможностями, открывающимися перед предприятиями, создающими товарные интернет-биржи, неизбежно приходится считаться и с самыми разнообразными рисками. Компании должны сохранять равновесие между ростом деловой активности и развитием технологий и квалификации персонала. Неспособность

правильно укомплектовать штат и просчеты в инвестициях, направленных на поддержание роста компании, могут серьезно сказаться на ее конкурентоспособности. Кроме того, учитывая быстрый темп развития технологий, компании могут столкнуться с ситуацией, в которой новые технологии сделают уже существующие предложения устаревшими. Для того чтобы рассчитывать на успех в долгосрочной перспективе предприятию необходимо внедрять системы автоматизации работы отделов обслуживания клиентов, технической поддержки, продаж, маркетинга и сервиса. Внедрение таких систем позволит:

- управлять заказами;
- отслеживать конкурентов;
- знать историю процессов продаж;
- управлять документами;
- прогнозировать продажи;
- оценивать возможности продаж на разных циклах процессов продаж, оценивать вероятность успеха или неудачи;
- источники сделок, статус сделок;
- иметь представление обо всей контактной, деловой информации, особенности клиента.

Эффективно построенная система сбыта – залог успешной работы компании на рынке. Поэтому информационная система должна отвечать всем нововведениям в данном технологическом процессе организации. Несомненно, это самый главный фактор, так как построение продвинутой в техническом отношении системы, которая не отвечает требованиям по функциональности, не имеет смысла.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Направление 150400

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Магистерская программа 150400.02

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН 3

Денисова И. А., Никитин Д. В., Селиванова П. И. Основные направления в развитии жидкостнокольцевых вакуумных насосов. 3

Магистерская программа 150400.15

ПРИВОДЫ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МАШИНАМИ И ОБОРУДОВАНИЕМ 6

Глинкин А. А. Гидравлическая цепь обката зубшлифовального станка для шлифования конических колес с прямыми зубьями 6

Сундуков А. С. Копировальный привод станка на основе привода микроперемещений 10

Козадаев А. М. Структура и динамика приводов главного движения металлорежущих станков с электромагнитными муфтами 13

Магистерская программа 150400.19

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН 17

Мокрозуб В. Г., Лебедев А. А. Информационно-логическая модель кассетной пресс-формы 17

Мокрозуб В. Г., Незнанов А. Н. Информационная система автоматизированного проектирования гальванических ванн 22

Егоров С. Я., Чернега А. А. Постановка задачи размещения трубопроводной арматуры 26

Миронов Д. В., Мокрозуб В. Г. Методика расчета трудоемкости изготовления машиностроительного оборудования 32

Егоров С. Я., Попов Д. Н., Гусына Н. А. Постановка задачи выбора объемно-планировочного решения многоэтажного производственного здания 35

Мокрозуб В. Г., Ноготкова А. В. Информационная система автоматизированного проектирования вертикальных гидравлических прессов 40

Мокрозуб В. Г., Беляев А. В. Информационная система автоматизированного проектирования планетарных одноступенчатых редукторов . . . 43

Рухов А. В. Алгоритм расчета взаимосвязанного нестационарного тепло- и массопереноса в процессе адсорбции 46

Рухов А. В. Аппроксимация предельной величины адсорбции
и равновесной концентрации в потоке инертного носителя адсорбтива 50

Магистерская программа 150400.32

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ
ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ** 53

Пугачева Е. В. Изучение каталитических свойств интерметаллидов Ni/Al,
Ni₂Co/Al, Ni/Al₃, Ni₂Co/Al₃, полученных методом самораспространяющегося
высокотемпературного синтеза 53

Романова Е. В. Экспериментальное исследование кинетики процесса сушки
полупродуктов органических красителей 61

Магистерская программа 150400.35

МАШИНЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ 65

Редин Д. Ю., Горбачев А. С. Исследование сорбционной способности
обратноосмотических мембран МГА-90Т, ESPA, ОПМ-К в водных растворах
сульфанилата натрия 65

Никитин А. А., Денисов Е. В., Акулин В. В. Расчет расхода жидкости
в роторно-импульсном аппарате 69

Богаткин Г.С. Модель движения потока жидкости в канале статора роторного
импульсного аппарата 72

Ивойлова Н. А. Определение дисперсности кристаллов сахарозы
в помадных конфетах 78

Направление 270100

СТРОИТЕЛЬСТВО

Магистерская программа 270100.01

ТЕОРИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ 81

Кузнецов И. Н., Елагин В. Н., Вахонин А. В. Использование
проектно-вычислительных комплексов, основанных на МКЭ,
для анализа экспериментальных данных 81

Антонов В.М., Антонов С.В. Исследование напряженно-деформированного
состояния армированного песчаного основания 85

Антонов В. М., Агапонов А. А. Исследование несущей способности
и деформативности армированного связного основания 89

Забродин С. В. Перемещения штампов на глинистых
основаниях при наклонной повторной нагрузке 93

Мазов А. А., Алшутайри Хишам Мухаммед, Леденев В. В., Комаров И. А. Влияние величины эксцентриситета приложения нагрузки на характер распределения горизонтальных напряжений в грунте	96
Емельянов Д. В., Комаров И. А. Ошибки, допускаемые при строительстве и эксплуатации зданий	100
Тарураев К. В., Юдаков В. А. Исследование деформаций Песчаного основания несимметричных кольцевых фундаментов	105
Старков А. В., Антонов В. М. Использование армирования для повышения несущей способности основания при сложных силовых воздействиях	108
Воеводкин В. Ю., Попов Е. В. Осадка круглых и кольцевых штампов с одинаковой площадью контакта	111

Направление 210200

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Магистерская программа 210200.05

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ	115
-------------------------------------------------------------------------------	-----

Орлов С. В. Унифицированная модель решения экспертных задач	115
------------------------------------------------------------------------------	-----

Баранов А. М. Особенности структуры интерфейса экспертной системы энергосберегающего управления	120
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Магистерская программа 210200.08

ЭЛЕМЕНТЫ И УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ	124
--------------------------------------------------------------------------	-----

Попов А. В., Попов В. Ф., Шелохвостов В. П. Микромеханические испытания композитных образцов с добавлением конгломератов углеродных нановолокон	124
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Направление 080300

КОММЕРЦИЯ

Хазанова Д. Л. Использование информационных технологий в управлении сетевой структурой бизнеса	130
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Челноков В. А., Хазанова Д. Л. Совершенствование системы сбыта на основе ИКТ	133
-----------------------------------------------------------------------------------------------	-----

**СБОРНИК СТАТЕЙ
СТУДЕНТОВ, БАКАЛАВРОВ
И МАГИСТРАНТОВ**

Выпуск 6

Технический редактор Л. Николаева

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печать на ризографе. Усл. печ. л. 8,02. Тираж 100 экз. Изд. № 19.

Печать ТОГУП «Тамбовполиграфиздат».
392602, Тамбов, Моршанское шоссе, 14.