

# ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК  
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

Адрес редакции:  
140008, г. Павлодар,  
ул. Ломова, 64.  
Тел.: (7182) 67-36-69  
E-mail: publish@psu.kz

## МАЗМҰНЫ

<b>Е.С. Абдрахманов, Г.Д. Бозымбаев, М.С. Нурғалиева</b> Шикізаттың брикеттеу процессіне ықпал ететін факторларға талдау .....	7
<b>Д.С. Ахметбаев, А.Д. Ахметбаев, А.Н. Бергузинов</b> Электр желісінің стационарлық режимдерінің сезімталдылығы.....	13
<b>Е.Ж. Бердышев, Ж.О. Нурмағанбетов</b> Жұқа және қалың дисперсиялық марганецті кендерінен агломерация технологиясының өндemesін жасау .....	17
<b>А.А. Демеуова</b> Мұнай шығару кезінде жерасты суларының ластану мәселесі .....	21
<b>С.К. Ельмуратов, А.Ф. Ельмуратова</b> Шекті айырымдар әдісі арқылы ортотропия пластиналардың еріксіз тербелісін есептеу .....	27
<b>М.К. Жанқуанышев, Б.Б. Утегулов, А.Б. Утегулов, А.Б. Уахитова</b> 6-10 кВ электр желісінде жерге бір фазалық тұйықталу тоғының автоматты түрде анықталу алгоритмінің өндemesін жасау .....	32
<b>Р.А. Кабашев, Б.М. Кульгильдинов</b> Шөмішкі экскаваторының гидробасқарылатын механизмінің жылдамдығы мен үдеулерін анықтау .....	36
<b>М.Я. Клещель, К.С. Глокк, Ю.В. Павлюковский</b> Электрлік станциясында негізгі технологияның агрегаттардың үзіліссіз жұмысын қамтамасыз етуге арналған автоматика .....	44

Арын Е.М., д.э.н., профессор (главный редактор);  
Утегулов Б.Б., д.т.н., профессор (зам. гл. редактора);  
Ельмуратова А.Ф., к.т.н., доцент (отв. секретарь);

### Члены редакционной коллегии:

Бороденко В.А., д.т.н., доцент;  
Глазырин А.И., д.т.н., профессор;  
Даукеев Г.Ж., к.т.н., доцент;  
Ельмуратов С.К., д.т.н., профессор;  
Ергожин Е.Е., д.х.н., профессор;  
Захаров И.В., д.т.н., доцент;  
Каракаев А.К., д.т.н., профессор;  
Кислов А.П. к.т.н., доцент;  
Клещель М.Я. д.т.н., профессор;  
Кудерин М.К. д.т.н., доцент;  
Мансуров З.А., д.х.н., профессор;  
Мурзагулова К.Б., д.х.н., профессор;  
Новожилов А.Н., д.т.н., профессор;  
Рустемова Г.Р., д.м.н., доцент;  
Сапаров К.Т., к.г.н., доцент;  
Сулеев Д.К., д.т.н., профессор;  
Украинец В.Н., д.т.н., доцент;  
Айтжанова Д.Н.(тех. редактор).

<b><i>А.Е. Козярук, Ю.Л. Жуковский, А.А. Коржес</i></b> LABVIEW-тің көмегімен айнымалы токтың электр козғағыштар диагностикасының бағдарламалысында аппараттық кешенің құру.....	50
<b><i>Г.С. Казиева, А.Д. Мухамеджанова</i></b> Стерефониялық хабар үшін берілулер және полярлық модуляцияның қолдану жиынтық - айырма әдістері.....	56
<b><i>В.В. Рындин</i></b> Ағын үшін энергияның теңдеулерін қорытудың термодинамикалық әдісі .....	60
<b><i>В.Т. Сторожук, М.Д. Махмудов, Н.А. Кондратьева, Г.И. Лярская</i></b> Енек безінің сапалы гиперплазиясы бар емделушілерінің жан-жақты емдеуіндегі Флогэнзим .....	73
<b><i>Б.К. Шапкенов, А.Б. Кайдар</i></b> Жарық жүйелеріндегі қуат жинағы үшін автоматиканың элементтері.....	77
<b><i>М.М. Сүйіндіков, М.Ж. Тусупбекова, Ж.Ш. Шошай</i></b> Металл тазалаушы сүзгілерді модельдеу арқылы арын шығыны мен ағын мөлшерінің сипатын зерттеу .....	84

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>Е.С. Абдрахманов, Г.Д. Бозымбаев, М.С. Нурғалиева</b> Анализ на факторы, влияющие на процесс брикетирования сырья.....	7
<b>Д.С. Ахметбаев, А.Д. Ахметбаев, А.Н. Бергузинов</b> Чувствительность стационарных режимов электрических сетей.....	13
<b>Е.Ж. Бердышев, Ж.О. Нурмаганбетов</b> Разработка технологии агломерации тонко- и грубодисперсных марганцевых руд.....	17
<b>А.А. Демурова</b> К вопросу загрязнения подземных вод при добыче нефти.....	21
<b>С.К. Ельмуратов, А.Ф. Ельмуратова</b> Расчет на вынужденные колебания ортотропных пластин методом конечных разностей.....	27
<b>М.К. Жанкуанышев, Б.Б. Утегулов, А.Б. Утегулов, А.Б. Уахитова</b> Разработка алгоритма автоматического определения тока однофазного замыкания на землю в электрической сети 6 – 10 кВ.....	32
<b>Р.А. Кабашев, Б.М. Кульгильдинов</b> Определение скоростей и ускорений точек звеньев механизма гидроуправляемой челюсти ковша экскаватора.....	36
<b>М.Я. Клецьель, К.С. Глокк, Ю.В. Павлюковский</b> Автоматика для обеспечения бесперебойной работы основных технологических агрегатов на электростанции.....	44
<b>А.Е. Козярук, Ю.Л. Жуковский, А.А. Коржнев</b> Создание программно-аппаратного комплекса диагностики электроприводов переменного тока при помощи LabVIEW.....	50
<b>Г.С. Казиева, А.Д. Мухамеджанова</b> Использование суммарно-разностного метода передачи и полярной модуляции для стереофонического вещания.....	56
<b>В.В. Рындин</b> Термодинамический метод вывода уравнений энергии для потока.....	60

КОРРЕКТОРЫ:  
М.А. Джумадиева (рус. яз.)  
Б.Б. Аубакирова (каз. яз.)  
А.Р. Омарова (ин. яз.)

ВЕРСТКА:  
М.А. Ескожинова

© ПГУ им. С. Торайгырова

<i><b>В.Т. Сторожук, М.Д. Махмудов, Н.А. Кондратьева, Г.И. Лярская</b></i>	
Флогэнзим в комплексном лечении пациентов с доброкачественной гиперплазией предстательной железы .....	73
<i><b>Б.К. Шапкенов, А.Б. Кайдар</b></i>	
Элементы автоматики для энергосбережения в системах освещения .....	77
<i><b>М.М. Суйиндыков, М.Ж. Тусупбекова, Ж.Ш. Шошай</b></i>	
Исследование расходов и объемов течения при помощи моделирования металлоочищающих фильтров.....	84

---

---

## ҚҰРМЕТТІ ОҚЫРМАНДАР!

Бүгінгі жаңашылдық пен өрлеу заманында қазақ ұлтының даналығы мен зерделілігін танытуда, іскерлік әлеуетін көрсету мақсатында көшбасшылық, интеллектуалды жағдай қажет. Ғылыми-инновациялық экономиканың негізі болу керек. Бұл мүмкіндік дәлелі соңғы бес жылдың ішінде қазақ ғылымын қаржыландыру 4 есеге артты. Қазақстан 13-бағытта «Инновациялық даму» көрсеткіші бойынша жаһандық бәсекеге қабілетті рейтингісінде өз орнын жақсартты. 2012 жылға дейін Мемлекеттік ғылымның даму бағдарламасы жүзеге асу кезеңінде тұр.

Аталмыш ғылыми журналдың жарыққа шығуы – зерделік әлеуетімізді күшейту бағытындағы маңызды да мәнді шаралардың бірі. Журнал ғылыми-білімдік қызметті насихаттауда, ғылыми біліммен алмасу, ғылымның өзекті мәселелерін талқылауда, ғылыми-теориялық тұжырымдар мен көзқарастарды танытумен бірге қоғамның ғылыми-білімдік мәселелерін де шешеді.

Кезінде ұлы математик Д. Пойа ғылыми әрекет пен ғылыми қызметтің принциптерін төмендегідей тұжырымдаған екен:

Бірінші принцип – «Біз өзіміздің кез келген көзқарасымызды қайта қарауға дайынбыз» – ол үшін «ақыл ерлігін» талап етеді. Екінші – «Шұғыл жағдайлар болған кезде және оны жасауға – біздің көзқарасымыз өзгеруі қажет» – ол үшін «ақыл адалдығын» талап етеді. Үшінші принцип – «Біз өз бетімізбен, жеткілікті негіздемесіз көзқарасымыз бен тұжырымдарымызды өзгертуіміз керек» – ол үшін «ақыл ұстамдылығын» талап етеді.

Бұл принциптер біздің журналымыздың ұстанатын басты қағидалары. Журналымыздың жаңа шығарылымының тек бет мұқабасы ғана өзгеріп қана қойған жоқ, оның мазмұндық мәні де арта түсті.

Журналдың безендірілу мәнімен бірге ғалымдардың ұсынатын ғылыми мәселелері жан-жақты талқыланып, аймақтың аспектісі кеңейді. Мәтін мазмұнына қойылатын талап күшейтіліп, дұрыс, сауатты ғылым талабына сай болатындай жарыққа шығару мәселесі қойылып отыр.

Бірақ әрқашанда біздің журналымыз ғылым ғаламатын таныту мен тануда адалдық пен ақыл ерлігін және ақыл ұстанымдылығы қала берді.

## УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Казахстану сегодня необходима интеллектуальная революция, которая позволит пробудить и реализовать потенциал нашей нации. Наука должна стать основой инновационной экономики. Этому есть все предпосылки – за последние пять лет финансирование казахстанской науки увеличилось почти в 4 раза. Казахстан на 13 позиций улучшил свое место в рейтинге глобальной конкурентоспособности по индексу «Инновационное развитие». В стадии реализации – Государственная программа развития науки до 2012 года.

Выпуск этого научного журнала – одна из значимых мер, направленных на усиление интеллектуального потенциала. Пропаганда научно-образовательной деятельности, обмен научными знаниями, обсуждение актуальных проблем науки, концепций, теорий, взглядов – журнал решает эти и другие, не менее важные, задачи научно-образовательного сообщества.

В свое время великий математик Д. Пойа сформулировал принципы научной деятельности:

Первый принцип – «Мы готовы пересмотреть любое из наших представлений» – требует «мужества ума». Второй – «Наши представления должны быть изменены, когда имеются веские обстоятельства, вынуждающие это сделать» – требует «честности ума».

Третий принцип великого математика – «Мы не должны изменять представления произвольно, без достаточных оснований» – требует «мудрой сдержанности».

Эти принципы созвучны с духом нашего научного издания. Более того, модернизация журнала, которую Вы наблюдаете, держа в руках новый номер, сказался не только на внешнем его облике. Новое оформление – лишь отражение тех перемен, которые привнесены редакцией в его содержание. Усилен региональный аспект, предусмотрено обсуждение той или иной актуальной проблемы рядом ученых, предлагающими различные варианты ее решения, требовательнее мы стали и к редактуре текста, Но неизменными в нашем издании останутся три составляющих – честность и мужество ума и сдержанность по отношению к научным оппонентам.

**Ректор ПГУ им. С. Торайгырова  
д.э.н., профессор**



**Е. Арын**

УДК 66.022.55

## АНАЛИЗ НА ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС БРИКЕТИРОВАНИЯ СЫРЬЯ

**Е.С. Абдрахманов, Г.Д. Бозымбаев**

*Павлодарский государственный университет*

*им. С. Торайгырова*

**М.С. Нургалиева**

*ЕИТИ им. К. Сампаева*

*Бұл жұмыста шикізаттарды брикеттеу мәселесі мен оның халық шаруашылығында алатын орны жайында және брикеттеу үрдісіне әсер ететін басты факторлар қарастырылады. Жекелей қарастырғанда, шикізат бөлшектерінің гранулометриялық құрылымы; субстраттың температурасы, ылғалдылығы және брикеттердің суытылу мәселелері қарастырылған.*

*The article considers the meaning and role of briquetting of raw materials and the main factors, which influence the process of briquetting with binders. In particular, granulometric composition of particles of raw materials; temperature, moisture and the nature of the substrate; the problem of cooling of briquettes.*

Экономное и рациональное использование сырьевых ресурсов, стимулирующее рост промышленного производства, является одним из основных требований, выдвигаемых Правительством РК на данном этапе развития народного хозяйства. Один из прогрессивных методов в решении этой проблемы – окускование.

*Окускование* – это превращение мелкозернистых полезных ископаемых в кусковой продукт за счет механических и (или) термических воздействий с применением специальных добавок или без них. Одной из разновидностей окускования является *брикетирование* – физико-химический процесс переработки полезных ископаемых, позволяющий получить механически и термически прочный сортовой продукт – брикет, имеющий определенную геометрическую форму, размеры и массу. Утилизация тонкозернистых полезных ископаемых, возможность получения из них высококачественной продукции для бытового и промышленного потребления – главное назначение брикетирования.

От других способов окускования (агломерация и окатывание) брикетирование отличается простотой процесса и дешевизной. Подтверждением тому служат сравнительные данные (в %) трех способов окускования железных руд:

Способ	Брикетирование	Агломерация	Окатывание с обжигом
Себестоимость	100	120 – 170	110 – 150
Затраты на 1т переработки сырья	100	130 – 160	90 – 140
Удельные капитальные затраты	100	110 – 200	120 – 180

Брикетирование полезных ископаемых представляет собой сложный физико- химический процесс взаимодействия разобщенных твердых частиц. Структура брикетов образуется путем непосредственных контактов частиц между собой или через прослойки связующих за счет прилагаемых усилий прессования. Разнообразие технологических приемов и специфичность отдельных видов окусковываемых минералов не позволяют создать единой теории брикетирования полезных ископаемых. В данной работе рассматриваются лишь основные факторы, влияющие на процесс брикетирования со связующим.

Гранулометрический состав. *Значение гранулометрического состава определяется влиянием суммарной поверхности соприкосновения зерен, числом и величиной пустот в структурном каркасе брикетов, содержанием остроугольных зерен, рельефом твердой поверхности и наличием пылевидных частиц.*

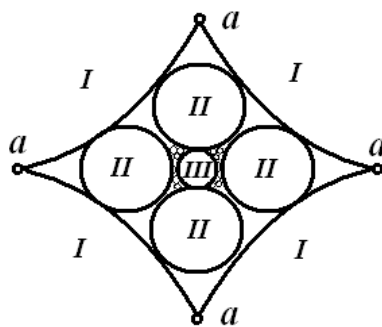


Рисунок 1 - Схема структуры с наиболее плотной упаковкой зерен диаметром I, II, III и т.д. в смеси

Теоретический принцип подбор смеси частиц различной крупности заключается в создании структурной композиции, отвечающей наиболее плотной упаковке (рисунок 1). В такой структуре массовое и объемное



соотношение зерен достаточно полно может характеризоваться эмпирическим уравнением

$$P = 100 \sqrt{\frac{d}{D}} \quad (1)$$

Где P- доля зерен (% по массе), проходящих через сито с диаметром отверстий, равным d; d- диаметр любого зерна смеси от 0 до D; D- максимальный диаметр зерна смеси.

Для большей наглядности гранулометрический состав зерен полезного ископаемого графически изображает в виде кривых – суммарных характеристик крупности. При построении графиков на оси абсцисс в линейном масштабе откладывают размеры отверстий сит d (мм), а по оси ординат суммарный выход классов (%). Использование таких кривых для смесей с широким диапазоном крупности зерен чрезвычайно затруднено, так как приходится строить непомерно большие графики. В таких случаях удобнее пользоваться логарифмической шкалой, что позволяет перейти к прямой линии. Последняя довольно точно характеризуется углом наклона и координатами одной ее точки. Пользуясь гранулометрической характеристикой в логарифмических координатах, можно установить наличие закономерности распределения в материале зерен по крупности.

Суммарные характеристики крупности описываются аналитическим уравнением Розина–Раммлера, которое имеет следующий вид:

$$R = 100e^{-bd^n} \quad (2)$$

где R–суммарный выход класса крупнее d (остаток на сите), %; d – размер отверстия сита, мкм; b и n – постоянные коэффициенты уравнения (параметры, зависящие от свойств материала и размерности d).

Используя это уравнение; можно определить зависимость между R и d, оптимальный верхний предел крупности, число зерен в любом классе, удельную поверхность и др. зная значения указанных величин, можно выбрать гранулометрический состав, обеспечивающий наиболее плотную упаковку зерен в смеси.

Удельная поверхность зерен смеси определяет тонкослоевое распределение и структурируемость связующих, а также долю адсорбционных контактов. Чем выше число зерен, тем больше активных центров – элементов поверхности, в которых сосредотачиваются атомы с незанятыми валентностями.

Плотность упаковки тесно связана с размером зерен. Мелкие зерна более ребристы, чем крупные и теплота их смачивания примерно в 4 раза больше, чем у последних. Большое содержание крупных зерен (более 6 мм) отрицательно сказывается на прочности брикетов. При прессовании такие частицы легко растрескиваются. Появляются новые поверхности, непокрытые связующим. Наличие пылевидных частиц приводит к повышению удельной поверхности, а, следовательно, и возрастанию расхода связующих, что способствует уплотнению брикетов в результате активного заполнения пустот.

На плотность упаковки брикетов существенно влияет порозность структуры. Как бы тщательно не были упакованы твердые зерна в брикеты, между ними всегда есть поры (рисунок 1). Число и величина пустот влияет на прочности брикетов. У брикетов из тонкозернистых частиц поры мелкие и они в основном заполнены связующим. Дефектов в виде пустот мало. Прочность брикетов велика. Брикет с преобладанием крупных зерен имеют большое число дефектов. Объемного слоя связующего для заполнения в них пустот не хватает. Поэтому эти брикеты имеют низкую прочность. Для повышения прочности упаковки рекомендуется вводить в брикетную смесь пылевидные частицы, легко проникающие в пустоты.

Неровности и шероховатость материала положительно влияют на механическое закрепление на нем связующего, повышая прочность брикетов.

Прочность брикетов тем ниже, чем однородней ситовой состав. Однородная смесь не позволяет обеспечить должную плотность упаковки. Зерна укладываются со значительным числом пустот в каркасе. Давление прессования неравномерно распределяется в объеме системы. Брикет легко деформируется.

Температура субстрата. Температурные воздействия благоприятно сказываются на адсорбционной активности поверхности твердых частиц. Усиливается колебательный процесс поверхностных молекул, что приводит к отщеплению некоторой их части. Образуется реакционноспособные свободные радикалы, активно взаимодействующие между собой и связующим. В результате нагрева достигается тонкослойное растекание связующих по твердой поверхности и усиливаются связи в их адсорбционных слоях. Недостаточный нагрев частиц полезного ископаемого приводит к тому, что смачивание связующим твердой поверхности почти не происходит. Адгезионные связи в этом случае образуются лишь за счет незначительных точечных контактов капелек связующего. Для усиления прочности брикетов при слабом нагреве неизбежно увеличение расхода связующего.

Влажность и природа субстрата. *Влага, находящаяся на поверхности минеральных зерен, создает гидратную пленку, толщина которой определяет прочность связи субстрата со связующим.* Избыток влаги не позволяет связующим прочно прилипнуть к субстрату. Смачивающая способность уменьшается. Адгезия падает. Механическая прочность брикетов снижается. Находящаяся на поверхности влага при соприкосновении с горячим связующим интенсивно испаряется. Это вызывает охлаждение связующего и ухудшение смачивания. Так, например, увеличение содержания влаги в брикетной смеси с 2,5 до 7,5% снижает степень покрытия зерен угля нефтесвязующим (относительную адгезию) с 75 до 34%.

Для уменьшения вредного влияния поверхностной влаги обычно применяют термическую сушку. Иногда используют химическую модификацию поверхности частиц действием поверхностно-активных (ПАВ) веществ. ПАВ химически взаимодействует с твердой поверхностью. На ней образуются нерастворимые соединения, способствующие прочному сцеплению субстрата со связующим. Наличие поверхностно-активных группировок и активных «центров» на твердой поверхности благоприятствует адгезионным взаимодействиям. Пористая структура субстрата обуславливает протекание диффузионных процессов, дополняя тем самым общую адгезию между субстратом и адгезивом.

Охлаждение брикетов. Структурная прочность брикетов окончательно приобретает в процессе охлаждения. Выходящий из пресса брикет имеет температуру, близкую к температуре размягчения связующего. Снижение температуры достигается пребыванием брикетов в атмосфере подаваемого принудительно или естественно воздуха. В этот период связующие восстанавливают свою структуру до значений максимальной когезии. Интенсивность охлаждения брикетов пропорциональна отношению объема к поверхности охлаждаемых брикетов. Чем выше это отношение, тем медленнее происходит охлаждение. Размеры брикетов и их число, приходящееся на единицу площади охладительного устройства, определяют конечный результат охлаждения.

На охлаждение влияет влажность и расход связующих на брикеты. При высокой влажности в процессе охлаждения происходит интенсивное испарение. Возникающие трещины в брикетах вызывают падение их прочности. В зависимости от места сосредоточения влаги трещины могут быть поверхностные или внутренние. Последние очень пагубно сказываются на прочности брикетов.

Скорость охлаждения находится в прямой зависимости от расхода связующего. Если связующего в брикете мало, то охлаждение идет

быстро. Температура падает почти с одинаковой скоростью во всем объеме брикета. Если же содержание связующего высокое, температура снижается медленно и неравномерно. Поверхностные слои брикета охлаждаются сравнительно быстро, а внутренние – длительное время.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Елишевич А.Т. «Брикетирование полезных ископаемых». - Донецк: издательство ДПИ, 1985.
2. Менковский М.А. и др. «Связующие вещества в процессах окускования горных пород». - М.: Недра, 1917.
3. Зимон А.Д. «Адгезия жидкости и смачивания». - М., Химия, 1976.
4. Равич Б.М. «Брикетирование руд и рудно-топливных шихт». - М.: Недра, 1968.

УДК 621.311

## ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ СТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Д.С. Ахметбаев, А.Д. Ахметбаев, А.Н. Бергузинов

*Павлодарский государственный университет*

*им. С. Торайгырова*

*Бұл жұмыста кез келген электр желісінің структуралық сызбаның жүктеме электр ағындарының өзгеруіне байланысты стационарлық режимдерінің сезімталдық функциясын есептеудің әдістемелері берілген. Электр желісінің стационарлық режимдерінің сезімталдылығының есебі және оның сезімталдық теориясы арқылы шешілетін жолдары қарастырылған.*

*In the work the technique of sensitivity function of stationary modes on variations of setting currents of electric networks of any structure is stated. The problem of sensitivity of stationary modes of an electric network on a variation of setting currents and a way of its decision on the basis of methods of the theory of sensitivity is formulated.*

Современная электроэнергетическая система является многосвязанной системой кибернетического типа, эксплуатируемая в условиях воздействия большого количества однозначно неопределенных параметров [1].

Невозможность точного определения режимов реальных схем объясняется наличием разброса значений параметров, вызванные неоднородностью деталей и материалов, изменениями характеристик элементов электрических сетей в процессе работы, неизбежной погрешностью измерительной аппаратуры и т.д.

В этих условиях разработка кибернетических методов анализа и синтеза приобретает особую актуальность. Применение метода теорий чувствительности позволяет обоснованно выделить наиболее значимые параметры системы, относительно которых формализуются математические модели кибернетического управления [2].

Объектом управления является электроэнергетическая система, которая описывается матричным уравнением [3].

$$\underline{Y}\dot{\underline{U}}_{\Delta} = \underline{J}, \quad (1)$$

где  $\underline{Y}$  - квадратная матрица узловых проводимостей ветвей;  
 $\dot{\underline{U}}_{\Delta}$  - столбцевая матрица узловых падений напряжений;  
 $\underline{J}$  - столбцевая матрица заданных токов.

При исследований чувствительности узловых напряжений схемы, на вариаций задающих токов вместо однозначного соответствия  $\dot{\underline{U}}_{\Delta} \rightarrow \underline{J}$  будем рассматривать отображение подпространства вариации параметров  $D_{\underline{J}}$  в соответствующее подпространство состояний  $D_{\dot{\underline{U}}_{\Delta}}$ , т.е.  $D_{\underline{J}} \rightarrow D_{\dot{\underline{U}}_{\Delta}}$ .

Для грубой оценки чувствительности узловых напряжений можно дать приращение  $\Delta\underline{J}$ , найти  $\Delta\underline{U}$  и использовать отношение  $\frac{\Delta\underline{U}}{\Delta\underline{J}}$ . Однако, такой подход к определению чувствительности вызывает определенные затруднения, вызванные необходимостью множества решений (1), для всех элементов подпространства  $D_{\underline{J}}$ , что приводит к большим вычислительным затратам. Этих трудностей можно избежать, если воспользоваться методом теории чувствительности.

Согласно метода теории чувствительности, подпространства вариаций параметров состояния определяется в виде [4].

$$D_{\dot{\underline{U}}_{\Delta}} = V_{\dot{\underline{U}}_{\Delta}}(\underline{J}_0) \cdot D_{\underline{J}}, \quad (2)$$

где  $\underline{J}_0$  - опорные значение вектора задающих токов.

В этом случае, функция чувствительности определяется посредством обычной производной [4].

$$V_{\dot{\underline{U}}_{\Delta}}(\underline{J}_0) = \lim_{\Delta\underline{J} \rightarrow 0} \frac{\dot{\underline{U}}_{\Delta}(\underline{J}_0 + \Delta\underline{J}) - \dot{\underline{U}}_{\Delta}(\underline{J}_0)}{\Delta\underline{J}} = \frac{\partial \dot{\underline{U}}_{\Delta}}{\partial \underline{J}}(\underline{J}_0), \quad (3)$$

Как видно из (3), необходимым условием существования функции чувствительности  $V_{\dot{\underline{U}}_{\Delta}}(\underline{J}_0)$  является непрерывность узловых падений напряжений в функции задающих токов.

Чтобы определить функцию чувствительности узловых напряжений на вариаций задающих токов, рассмотрим линейный многополюсник к зажимам которого включены задающие токи.

Уравнение связи между матрицей  $\underline{U}_a$  падений напряжений на ветвях схемы и матрицей  $\dot{\underline{U}}_{\Delta}$  узловых падений напряжений [3]

$$\dot{\underline{U}}_a = \mathbf{M}' \dot{\underline{U}}_{\Delta} \quad (4)$$

позволяет найти матрицу  $\underline{\dot{\mathbf{I}}}$  токов в ветвях схемы, выраженный через матрицу задающих токов, если исходить с известного соотношения [3]:

$$\underline{\dot{\mathbf{U}}}_{\hat{a}} = \underline{\mathbf{Z}}_{\hat{a}} \underline{\dot{\mathbf{I}}} \quad (5)$$

и с учетом (1)

$$\underline{\dot{\mathbf{U}}}_{\Delta} = \underline{\mathbf{Y}}^{-1} \underline{\dot{\mathbf{J}}}, \quad (6)$$

в виде

$$\underline{\mathbf{Z}}_{\hat{a}} \underline{\dot{\mathbf{I}}} = \underline{\mathbf{M}}^t \underline{\mathbf{Y}}^{-1} \underline{\dot{\mathbf{J}}} \quad (7)$$

или

$$\underline{\dot{\mathbf{I}}} = \underline{\mathbf{Z}}_{\hat{a}}^{-1} \underline{\mathbf{M}}^t \underline{\mathbf{Y}}^{-1} \underline{\dot{\mathbf{J}}} \quad (8)$$

где  $\underline{\dot{\mathbf{I}}}$  - прямоугольная матрица соединений узлов;  
 $\underline{\mathbf{Z}}_{\hat{a}}$  - диагональная матрица сопротивлений ветвей.

Матричное уравнение (8) позволяет определить матрицу чувствительности токов в ветвях сложной схемы электрической сети на вариации задающих токов в виде:

$$\underline{\mathbf{V}}_{\dot{\mathbf{I}}}(\underline{\dot{\mathbf{J}}}) = \left\| \frac{\partial \underline{\dot{\mathbf{I}}}}{\partial \underline{\dot{\mathbf{J}}}} \right\| = \underline{\mathbf{Z}}_{\hat{a}}^{-1} \underline{\mathbf{M}}^t \underline{\mathbf{Y}}^{-1} = \underline{\mathbf{C}}. \quad (9)$$

Из полученного уравнения (9) видно, что матрица чувствительности токов в ветвях сложной схемы сети на вариаций задающих токов равна матрице коэффициентов распределения узловых токов.

Матрица чувствительности падений напряжений на ветвях схемы, соответственно равна

$$\underline{\mathbf{V}}_{\dot{\mathbf{U}}_{\hat{a}}} = \underline{\mathbf{V}}_{\dot{\mathbf{I}}}(\underline{\dot{\mathbf{J}}}) \underline{\mathbf{Z}}_{\hat{a}} = \underline{\mathbf{Z}}_{\hat{a}} \underline{\mathbf{C}}. \quad (10)$$

Если воспользоваться обращенной формой узлового уравнения

$$\underline{\dot{\mathbf{U}}}_{\Delta} = \underline{\mathbf{Z}} \underline{\dot{\mathbf{J}}}, \quad (11)$$

то можно получить матрицу чувствительности узловых падений напряжений в виде

$$\underline{\mathbf{V}}_{\dot{\mathbf{U}}_{\Delta}}(\underline{\dot{\mathbf{J}}}) = \left\| \frac{\partial \underline{\dot{\mathbf{U}}}_{\Delta}}{\partial \underline{\dot{\mathbf{J}}}} \right\| = \underline{\mathbf{Z}}. \quad (12)$$

Полученное выражение (12) является доказательством равенства матрицы чувствительности узловых падений напряжений к матрице узловых сопротивлений сложной схемы электрической сети.

Из вышеизложенного следует, что задачи исследований чувствительности стационарных режимов электрической сети энергосистемы связаны

с определениями двух обобщенных параметров ее схемы: матрицу коэффициентов распределения задающих токов и матрицу узловых сопротивлений, которые, в общем случае, не могут быть определены непосредственно по топологии сложной схемы.

Матрицы коэффициентов токораспределения изучены достаточно хорошо и широко используются ими при оценке электрического состояния с целью управления режимами ЭЭС в рамках АСДУ.

Исключительно важные свойства матрицы узловых сопротивлений схемы при формировании уравнений установившихся режимов и в получении их действительных решений привели к исследованию и разработке множества авторов, принципиально отличающихся друг от друга, различных методов. Однако, известные методы определения матрицы узловых сопротивлений приводят к усложнению задачи, что снижает эффективность использования теорий чувствительности к анализу сложных электрических сетей с целью управления ее режимами.

Если воспользоваться выражением матрицы узловых сопротивлений, полученным с позиций системных функций, на основе коэффициентов токораспределения [5] то исследования чувствительности узловых напряжений существенно облегчаются.

$$\underline{Z} = \underline{C}^t \underline{Z}_e \underline{C}, \quad (13)$$

Это объясняется тем, что матрица чувствительности токов в ветвях схемы непосредственно преобразуется в матрицу чувствительности узловых напряжений, при известной её матрице сопротивлений ветвей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Веников В.А., Цукерник Л.В. Разработка методов кибернетического управления объединенными энергосистемами. Труды II международного конгресса. И. ФАК. Базель, - М.: Наука, 1965.
2. Петров Б.Н., Крутько П.Д. Применение теории чувствительности в задачах автоматического уравнения // Известия АН СССР, Техническая кибернетика. №2. 1970. - С. 13-18.
3. Мельников Н.А. Матричный метод анализа электрических цепей. - М.: Энергия, 1977. - 232 с.
4. Томович Р., Вукобратович М. Общая теория чувствительности. - М.: Советское радио, 1972. - С. 240.
5. Ахметбаев Д.С. Математические модели анализа и синтеза электрических цепей. Электротехнические преобразователи энергии: Материалы IV международной научно-технической конференции. 13-16 октября, - Томск, ТПУ, 2009. - С. 110-114.



УДК 669.74

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ АГЛОМЕРАЦИИ ТОНКО- И ГРУБОДИСПЕРСНЫХ МАРГАНЦЕВЫХ РУД

**Е.Ж. Бердышев**

*Павлодарский государственный университет*

*им. С. Торайгырова*

**Ж.О. Нурмаганбетов**

*Павлодарский государственный педагогический институт*

*Осы мақалада марганец кенінің кондициялы емес ұсақтықтары өңдемесін жасау бойынша негізгі зерттеу нәтижелері беріледі. Зерттеу мақсаты агломерация әдісімен ұсақтықты кесектеу технологиясының өңделесін жасау және силикомарганецті өңдіру үшін марганецті агломератты пайдалану мәселелері қарастырылады.*

*This article presents the main results of studies on the development of sub-standard stuff of manganese ore. The aim of research is to develop technology of agglomeration of fines by sifting and the use of manganese sinter to produce silico-manganese.*

Получающиеся в результате обогащения мелкие концентраты из руд железных, цветных и других металлов, как правило, не пригодны для непосредственного использования в плавке или других технологических процессах и требуют окускования. Операция окускования позволяет рационально использовать естественные пылевые руды, а также отходы производств: уловленные шламы и пыли металлургических агрегатов, пиритные огарки сернокислотного производства, красные шламы глиноземных заводов, колошниковую пыль доменных и окалину прокатных цехов.

При агломерации и обжиге окатышей, кроме основного процесса - спекания мелких частичек в пористый кусок, осуществляются другие процессы, существенно улучшающие металлургические свойства рудного сырья: дегидратация, разложение карбонатов, удаление большей части сульфатной и сульфидной серы и др.

Страны СНГ обладают наиболее крупными запасами марганца, из которых основная часть находится в Никопольском, Больше-Токмакском

(Украина) и Читаурском (Грузия) месторождениях [1]. После обогащения руд получают концентраты 1, 2 и 3 сортов. Однако высокое содержание фосфора до 0,2% снижает эффективность металлургической переработки указанных концентратов. Для улучшения качества раньше к этим рудам добавляли Казахские марганцевые руды, содержащие незначительное количество фосфора.

Технологическая схема подготовки марганцевых руд к металлургической переработке предопределяет образование мелочи, значительное количество которой скопилось в местах добычи и на обогатительных фабриках. Современные металлургические агрегаты приспособлены к потреблению только кусковых материалов и, чтобы вовлечь в производство ферросплавов мелочь марганцевого сырья ее необходимо окусковать, что можно осуществить одним из трех способов: агломерацией, окомкованием и брикетированием.

Наиболее распространенный способ, которым в бывшем СССР получали более 3,5 млн. тонн в год окускованного материала — агломерация. Следует отметить, что до настоящего времени промышленной технологии производства марганцевого материала из руд Центрального Казахстана нет. В работах по окускованию марганцевого сырья Казахстана [4] сделан вывод о целесообразности производства из Жездинских концентратов крупностью 0-2 мм брикетов, а из Жайремского концентрата крупностью 0-10 мм — агломерата.

Обоснование необходимости разработки конструкции машины для агломерации под давлением.

Как правило, железосодержащее сырье готовится для металлургического процесса на установках, оборудованных конвейерными спекающими машинами. Однако, при небольших объемах производства и при переработке очень мелких отходов, шламов производительность конвейерной машины значительно снижается по ее эксплуатационным и экономическим параметрам. Высокая стоимость (несколько миллионов долларов) сдерживает покупку этих машин.

Как показали исследования, эту проблему возможно решить путем агломерации под давлением, которая обеспечивает возможность использовать материалы с низкой проницаемостью, при их спекании в высоком слое.

ОПЫТ №1. Спекание на возврат.

Руда — 11,6 кг. Кокс =  $\frac{11,6 \cdot 9}{91} = 1,15$  кг. Влага  $\frac{12,75 \cdot 10,5}{89,5} = 1,5$  кг.

Руда+Коксик+Влага- смешивание в сухом виде — 1 минута, затем подаем влагу и окомковываем в течение 3-4 минут.

Вес влажной шихты — 16,835 кг.

Постель-1,5 кг; фракция-10-15 мм.

Зажигательная смесь:

1-я смесь: 300 гр. коксика фракции 0-5 мм + 200 гр. древесной опилки + влага и перемешать.

2-я смесь: 100 гр. стружки + 100 гр. керосина и перемешать.

На колосник агломерационной установки укладываем постель, затем шихту.

Замеряем высоту спекаемого слоя — 270 мм.

На шихту укладываем зажигательную смесь №1, потом №2.

Открываем кран для подачи воды вакуумному насосу и поджигаем запальную смесь. Включаем электродвигатель установки, при этом разрежение под колосником должно быть 200 мм водяного столба.

В течение одной минуты постепенно поднимаем разрежение до 1000 мм водяного столба.

Этот момент принять за начало опыта. Поддерживать разрежение постоянным - 1000 мм. вод. ст.

За конец опыта принять время, когда температура отходящего газа достигнет максимального значения. Охлаждать до снижения температуры на 20 градусов от максимального значения температуры отходящего газа, выключить насос. Закрыть кран для подачи воды. Выгрузить пирог и сбросить с высоты 2 м на стальную плиту. Сделать рассев агломерата по фракциям.

С этого опыта необходимо выделить постель фракцией +10 мм и возврат фракцией 0-10 мм.

ОПЫТ №2. Основной опыт с возвратом.

Шихта состояла из следующих компонентов: Руда - 11,3 кг; возврат - 3,5 кг; коксик - 1,46 кг, (9%); влага - 1,87 кг, (10,5%); Методика проведения опыта как в предыдущем опыте. Рш=18,3 кг. Время спекания - 7 минут; T<sub>мах</sub>=404°C (отходящего газа); Высота слоя = 320мм; Рсп=13,855 кг; Выход годного = 10,265 кг (+10мм); Выход мелочи = 3,585 кг (-10мм).

$B = \frac{B_{II}}{B_3} = \frac{3,585}{3,5} = 102\%$  (Баланс возврата). ВП- возврат полученный, кг; ВЗ- возврат заданный, кг.

Диаметр аглочаши 0,26 м. Площадь чаши 0,052 м<sup>2</sup>;  $G = \frac{0,010265}{0,053 * 0,12} = 1,66$  т/м<sup>2</sup>\*час.

G – Удельная производительность аглоустановки – 1,66 т/м<sup>2</sup>\*час;

V – Скорость спекания, мм/мин;  $V = \frac{320}{7} = 45$  мм/мин.

Предварительные выводы:

Процесс спекания шел очень быстро (45 мм/мин), шихта хорошо пропускает газы. Удельная производительность очень высокая. Полученный агломерат хрупкий. Можно увеличить высоту спекаемого

слоя до 450-500 мм и снизить расход топлива на спекание до 6-7%. Полученный агломерат имеет прочность на удар X-60-65%, а на истирание X1- около 7-8% по ГОСТ 15137-87, что вполне удовлетворяет требованиям предъявляемым к качеству агломерата для переработки в рудовосстановительных ферросплавных печах.

Таким образом анализируя результаты полученных выше данных и с учетом ранее выполненных опытов со схожими рудами других месторождений марганцевых руд (Тур, Богач), можно рекомендовать оптимальные технологические параметры процесса спекания при агломерации мелочи марганцевой руды крупностью 0-8 мм месторождений «Западный Камыс» и «Караадыр»:

Влажность — 10-10,5%; Возврат — 23%; Топливо — 6,5-7,5%; Высота слоя — 500мм; Разрежение — 1000 мм вод. столба.

Количество мелкой фракции 0-8мм примерно достигает 30-40% от общей массы марганцевых руд.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов: Учебник для вузов / Гасик М.И., Лякишев Н.П. - М.: СП Интермет Инжиниринг, 1999. - 764 с.
2. Святлов Б. А., Толымбеков М. Ж., Байсанов С. О. Становление и развитие марганцевой отрасли Казахстана. - Алматы. «Искандер» 2002. - 416 с.
3. Толстогузов Н. В. Теоретические основы и технология плавки кремнистых и марганцевых сплавов. - М.: Металлургия, 1992. - 239 с.
4. Ким В., Акбердин А., Ли А. в др. Разработка и создание технологии производства марганцевого агломерата в Казахстане // Сб. трудов «Комплексная переработка минерального сырья». - Алматы, 2002. - С. 363-370.
5. Вегман Е. Ф. Теория и технология агломерации. - М.: Металлургия, 1974. - 286 с.
6. Вегман Е. Ф. Окускование руд и концентратов. Учебник для техникумов - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1984. - 256 с.
7. Агломерация рудных материалов. Научное издание / Коротич В. И., Фролов Ю. А., Бездежский Г. Н. - Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ — УПИ», 2003. - 400 с.
8. Петров А.В., Сигуа Т.И., Перова В.В. и др. Производство марганцевого агломерата на аглофабрике Зестафонского завода ферросплавов // Сталь. 1993 №5. - С. 17-20.

УДК 622.276:504.43.054

## К ВОПРОСУ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ

**А.А. Демеуова**

ТОО «СМАРТ Инжиниринг», г. Алматы

*Мақалада мұнай зерттеу, мұнай шығару және мұнай өңдеу кәсіпорындарының жұмысы кезінде жердің үстіңгі қабатындағы және жерасты суларының ластану мәселелері зерттеледі.*

*In the article the problem of pollution of superficial and underground waters, by work of the petroprospecting, oil-extracting and oil refining enterprises is investigated.*

С целью изучения характера и факторов загрязнения подземных вод в пределах контрактной территории дополнительно к общему комплексу экологических исследований были выполнены работы по сооружению гидрогеологических скважин ведомственной наблюдательной сети и проведению мониторинга подземных вод.

Контрактная территория расположена в пределах Темирского и Мугалжарского районов Актюбинской области, в 60-70км к югу от пос. Темир. Территория месторождения Кокжиде, на которой производились работы по сооружению ведомственной сети мониторинга подземных вод, расположена в пределах Темирского и Мугалжарского районов в 70км к югу от пос.Темир.

По существующему гидрогеологическому районированию описываемая территория относится к восточному борту Прикаспийского артезианского бассейна. В пределах района работ на основании проведенных и предыдущих исследований выделяются водоносные горизонты, комплексы и воды спорадического распространения в отложениях от четвертичного до пермского возраста.

**Водоносный верхнечетвертичный** - химический состав подземных вод пестрый, минерализация изменяется от 0,12 дм<sup>3</sup>/л по западному

берегу р.Эмбы до 0,4-1,0 дм<sup>3</sup>/л в долине р.Темир. По восточному берегу р.Эмбы и в долине р.Атжаксы минерализация подземных вод колеблется от 2,7 до 4,6 дм /л. В бассейне р.Темир вблизи пос.Кумсай для водоснабжения нефтепромысла и поселка Кенкияк разведан водозабор производительностью 150 дм<sup>3</sup>/с. Эксплуатационные запасы подземных вод в количестве 12,9 тыс. м<sup>3</sup>/сут утверждены в ГКЗ СССР (протокол №4794 от 04.02.1966 г.) На участке водозабора мощность водоносного горизонта 3-15м, глубина залегания уровня 1,9-3,2 м. Дебиты скважин составляют 8-12 дм<sup>3</sup>/с при понижениях уровня 4,8-8,8 м. Коэффициенты фильтрации изменялись от 17 до 46 м/сутки. Воды пресные, гидрокарбонатные кальциевые. Водозабор эксплуатируется с 1975 г.

Водоносный аллювиальный ниже-среднечетвертичный горизонт - подземные воды приурочены к нижней части разреза, представленной разнородными песками с гнездами гравия. Мощность обводненной части превышает 11м. Глубина залегания подземных вод в зависимости от рельефа изменяется от 2,2 до 28,9м.

Водоносный верхнеолигоценовый горизонт - верхнеолигоценовые пески водоносны только на отдельных останцах в юго-западной части района, где они залегают на глинистых породах палеогена или кампана и достигают более или менее значительной мощности (до 10 м). Глубина залегания грунтовых вод составляет 6-8 м. Дебиты родников и колодцев изменяются от 0,03 до 0,2 дм<sup>3</sup>/с. Воды пресные (0,2-0,4г/дм<sup>3</sup>) преимущественно гидрокарбонатные натриевые, реже - сульфатные натриевые.

Слабопроницаемый средне-верхнеэоценовый горизонт - образования среднего-верхнего эоцена широко распространены в юго-восточной части района. Представлены они плотными безводными глинами мощностью до 45 м, выполняющими роль разделяющего водоупора.

Водоносный палеоценовый горизонт - распространение этого горизонта отмечено лишь на юге района, где глауконитовые пески палеоцена подстилаются тонким слоем светло-зеленых глин. Выход вод наблюдается в овраге Карасу, где имеется родник с дебитом 0,05 дм<sup>3</sup>/с и минерализацией 0,7 г/ дм<sup>3</sup>. По составу вода сульфатная натриевая.

Локально-водоносный маастрихтский горизонт - отложения маастрихтского яруса слагают вершины столовых плато и представлены песчаными мергелями и глинами с желваками фосфоритов в подошве. Подземные воды приурочены к прослоям мергелей мощностью 3-8 м. Воды грунтовые с глубиной залегания уровня 2-4 м и глубже. Дебиты колодцев не превышают десятых долей л/с. Воды в основном пресные с сухим остатком до 1г/дм, местами до 3г/дм. По составу они преимущественно гидрокарбонатные, реже сульфатные натриевые или кальциевые.

Слабопроницаемый кампанский горизонт - кампанские отложения развиты преимущественно на водораздельных пространствах и представлены плотными карбонатными безводными глинами мощностью до 100 м. В восточной части Прикаспийской синеклизы отложения кампана выполняют роль регионального водоупора, затрудняющего питание и разгрузку водоносного комплекса альб-сеноманских и альбских отложений.

Локально водоносный сантонский горизонт - прибрежно-морские осадки сантона прослеживаются на крыльях солянокупольных структур и в межкупольных депрессиях. Они представлены известковистыми глинами, алевроитовыми песками, алевроитами и горизонтами желваков фосфоритов. Отложения характеризуется фациальной изменчивостью как по площади, так и в вертикальном разрезе, поэтому показаны на гидрогеологической карте обводненными спорадически. Минерализация подземных вод сантонских отложений пестрая, сухой остаток изменяется от 1,0 до 3,0 -23,5 г/дм<sup>3</sup>. Анализ минерализации вод данного горизонта показывает, что практического значения воды не имеет вследствие спорадического распространения и незначительной водообильности.

**Водоносный альб-сеноманский комплекс** - воды альбских отложений на площади Кумсайского месторождения пресные и слабоминерализованные с сухим остатком 0,2-3,4 г/ дм<sup>3</sup>, в пределах месторождения подземных вод «Кокжиде» - пресные с минерализацией до 0,5 г/дм<sup>3</sup>, на участке Кенкиякского месторождения подземных вод в верхней части комплекса минерализация подземных вод до 0,5г/дм<sup>3</sup>, в нижней - до 1,1 г/дм<sup>3</sup>. К западу от субмеридионального участка долины р.Темир и от песчаного массива Кокжиде подземные воды альб-сеноманского водоносного комплекса, как правило, слабоминерализованные с сухим остатком до 3г/дм<sup>3</sup>, реже до 5г/дм<sup>3</sup>. Пресные воды имеют гидрокарбонатный натриевый реже кальциевый состав, минерализованные - сульфатно-хлоридный натриевый. При проведении гидрогеологической съемки масштаба 1:500000 и масштаба 1:200000, в родниках, расположенных в верховьях притоков р.Темир, в зонах размыва куполов, и в отдельных скважинах были отмечены признаки природного нефтяного загрязнения подземных вод альб-сеноманского водоносного комплекса. Питание водоносного комплекса осуществляется путем инфильтрации атмосферных осадков и подземных вод вышележащих горизонтов четвертичной системы, а также подтока из нижележащих горизонтов в зонах разломов на купольных поднятиях. В настоящее время подземные воды альбских отложений широко используются в районе для водоснабжения.

**Водоносный аптский горизонт** - подземные воды в отложениях апта вскрываются на глубинах 175-187м. Мощность водоносных песков составляет 20-23 м. Воды напорные. Пьезометрические уровни

устанавливаются на глубинах 16,5-33,1 м. Дебит скважин колеблется от 5,0 до 5,5 дм<sup>3</sup>/с при понижениях уровня 11,6-21,3 м. По качеству воды пресные с сухим остатком 0,1-0,6 г/дм<sup>3</sup>. В химическом составе преобладают гидрокарбонатные натриевые и смешанные трехкомпонентные воды.

Водоносный неокомский комплекс - минерализация вод от 3 до 81 г/дм<sup>3</sup>, в химическом составе преобладают хлориды и натрий. Воды неокома повышенной минерализации надежно изолированы от вышележащих пресных вод альба глинистой толщей в 70-100м.

Водоносный среднеюрский комплекс - воды комплекса напорные. Пьезометрические уровни устанавливаются на глубинах от 14 до 68м. Высота напоров колеблется от 250м до 400м. Дебиты скважин не превышают 1,0-3,5дм<sup>3</sup>/с при понижениях уровней на 70-100м. Химический состав подземных вод комплекса хлоридный натриевый, минерализация - 4-20 г/дм<sup>3</sup>.

Водоносный нижнетриасовый комплекс - уровни воды в скважинах устанавливаются на глубинах 8-70 м. Напоры над кровлей достигают 370-520 м. Производительность скважин не превышает 2,5 дм<sup>3</sup>/с при понижении уровней до 200 м. Воды хлоридные с минерализацией 37-80 г/дм<sup>3</sup>.

Локально водоносный верхнепермский горизонт - пьезометрические уровни устанавливаются на глубинах 50-65м. Высота напоров достигает 700м и более. Дебиты скважин обычно незначительные - десятые доли дм<sup>3</sup>/с. Воды представляют рассолы с сухим остатком 194-210 г/дм<sup>3</sup>, хлоридные натриевые по составу.

Водоносный кунгурский комплекс - вода представляет рассол с сухим остатком 58,8г/дм<sup>3</sup>, хлоридная натриевая по химическому составу.

Из приведенной характеристики гидрогеологических условий района можно сделать однозначный вывод о том, что единственным водоносным комплексом, перспективным для организации крупного централизованного водоснабжения, является водоносный комплекс альб-сеноманских и альбских отложений в районе песчаного массива Кокжиде.

Поверхностные воды в районе работ повсеместно гидравлически связаны с подземными водами всех водоносных горизонтов, в первую очередь аллювиального четвертичного горизонта и альб-сеноманского водоносного комплекса. В меженный период все питание поверхностных вод происходит за счет перетекания подземных вод из этих горизонтов.

Таким образом, при почти полном отсутствии летнего поверхностного стока с окружающих территорий, уровень загрязнения поверхностных вод в меженный период свидетельствует о загрязнении подземных вод.

В настоящее время большая часть нефтяных и нефтегазоконденсатных месторождений, расположенных в близи песчаного массива, в той или



иной степени вовлечена в эксплуатацию. В связи с этим следует ожидать, что уровень загрязнения подземных и поверхностных вод в долине р.Эмбы может значительно превышать последние данные 1991г.

В районе работ следует выделить два типа техногенного загрязнения: историческое и существующее - происходящее в настоящее время. Историческое техногенное загрязнение окружающей природной среды, в том числе геологической среды, началось в период поисков и разведки месторождений нефти и начальной стадии их освоения. Свидетельством исторического техногенного загрязнения являются сведения о загрязнении поверхностных вод рек Эмба и Темир по состоянию на 1991 год.

Таблица 1

## Результаты химического анализа поверхностных вод

	Наименование определяемого компонента, мг/л	р. Темир на входе	р. Темир на выходе	пдк, мг/дм
1	РН	6.97	7.19	6.5-8.5
2	Слхой остаток	2,97	1.0	—
3	Жесткость общая	12,74	7,83	7
4	Кальций	159	91	180
5	Магний	58	40	50
6	Нитриты	П о	н о	0.08
7	Нитраты	н/о	2.5	40.0
8	Фосфаты	30	н/о	0.5
9	Хлориды	927	210	300
10	Сульфаты	1533	312	100
11	Гидрокарбонаты	323	220	—
12	Карбонаты	н/о	н/о	—
13	Нефтепродукты суммарно	0.0012	0.0018	0.05
14	Фенолы	н/о	н о	0.001
15	Хром (общий)	н/о	н/о	—
16	Мель	0.0006	в/о	0.001
17	Цинк	н/о	н о	0.01
18	Свинец	н/о	11 о	0.1
19	Кадмий	0,0003	0.0003	0,005
20	Никель	0.0043	0.0032	0,01
21	Кобальт	0,0015	0.0011	0.01
22	Марганец	0.3992	0.1226	-

\*ПДК приняты на соответствии с обобщенным перечнем ПДК и ОБУВ вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов

Установить к какому типу относится то, или иное, выявленное загрязнение подземных вод можно только при проведении детальных геолого-экологических исследований с отбором проб из почвы, пород зоны аэрации и подземных вод на конкретных участках его выявления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давидович Г.Т., Сахатова Г.С. Региональное загрязнение природной среды и вопросы геоэкологического районирования территории Актюбинской области. МГ и ОН РК, НЦ КОМС Зап.О. НАН РК (в сб. «Эколого-гигиенические аспекты охраны окружающей среды и здоровья человека»). Мин.экологии и биоресурсов РК. - Алматы, 1994.

2. Давидович Г.Т., Книжник Е.И., Капуста Н.С., Сахатова Г.С. Геолого-экологические условия территории г. Актюбинск. МГ и ОН РК, НЦ КОМС Зап.О. НАН РК.

УДК 624.073.2:534.014.2.001.24

## РАСЧЕТ НА ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ОРТОТРОПНЫХ ПЛАСТИН МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ

С.К. Ельмуратов, А.Ф. Ельмуратова

*Павлодарский государственный университет*

*им. С. Торайгырова*

*Есептердің көрсетілген сыныбын жұмыста, құрамалы шекті шарттары бар серпінді негізде тік төртбұрышты тақталарды жобалаудағы жаттығу құндылығын ұсынады.*

*In this paper we presented a class of problems is of practical value in the design of rectangular plates on elastic foundations with combined boundary conditions.*

Обзор работ по оболочкам и пластинам показывает, что исследования по вынужденным колебаниям пластин и оболочек в литературе весьма ограничены в сравнении с задачами о свободных колебаниях и устойчивости. Мало изучено влияние локальных нагрузок на тонкие пластины и оболочки. Имеются отдельные работы с численными результатами расчета пластин. Решение для шарнирно опертой с учетом массы в точке приложения вибрационной нагрузки приведена в работе [1]. Дается пример расчета квадратной изотропной пластины. Вибрационная нагрузка и сосредоточенная масса приложены в центре пластины. Решения получены в двойных тригонометрических рядах. В работе [2] предлагается исследование вынужденных колебаний и пластин с использованием метода Галеркина для вычисления прогибов и изгибающих моментов. Приводятся численные примеры расчета, сведенные в таблицы. Но такие работы крайне редко встречаются в литературе. Это, очевидно, объясняется тем, что задачи по вынужденным колебаниям сооружений носят индивидуальный характер, так как всегда связаны с конкретными динамическими нагрузками. Однако, в строительной практике именно вынужденные колебания являются решающим динамическим критерием проектирования, а свободные колебания сооружений исследуются в

первую очередь с позиции возможного резонанса в процессе эксплуатации сооружения.

Рассмотрим ортотропную пластину под действием сосредоточенных поперечных динамических нагрузок, а также с учетом сосредоточенных и равномерно распределенных масс при различных граничных условиях. Будем также учитывать упругое основание.

Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний ортотропной пластины имеет вид [3]:

$$D_1 W_{,xxxx} + 2D_3 W_{,xxyy} + D_2 W_{,yyyy} + \frac{q}{g} W_{,tt} + KW = F \quad (1)$$

Здесь  $F$  – поперечная динамическая нагрузка, которую будем задавать в виде гармонических колебаний, наиболее часто встречающихся в строительной практике:

$$F = R(A \cos \Theta t + B \sin \Theta t) - \frac{P}{g} W_{,tt} \quad (2)$$

где  $R$  – амплитудное значение возмущающей силы;  $W$  – прогиб пластин;  $q$  – интенсивность нагрузки на единицу площади;  $K$  – коэффициент упругости грунта;  $\Theta$  – частота возмущающей силы;  $\frac{P}{g}$  – интенсивность массы;  $D_1, D_2, D_3$  – цилиндрические жесткости, которые для ортотропного материала определяются по формулам:

$$D_1 = \frac{E_1 h^3}{12(1-\nu_1 \nu_2)}, \quad D_2 = \frac{E_2 h^3}{12(1-\nu_1 \nu_2)}, \quad D_3 = D_1 \nu_2 + 2D_k, \quad D_k = Gh^3 / 12$$

Решение уравнения (1) ищем в виде

$$W(x, y, t) = W(x, y)(A \cos \Theta t + B \sin \Theta t) \quad (3)$$

с учетом (2) и (3) дифференциальное уравнение (1) примет вид

$$\eta_1 W_{,xxxx} + 2W_{,xxyy} + \eta_2 W_{,yyyy} - \frac{q}{gD_3} \Theta^2 W - \frac{P}{gD_3} \Theta^2 W t + \frac{K}{D_3} W = \frac{R}{D_3} \quad (4)$$

В (4) приняты обозначения для соотношений цилиндрических жесткостей

$$\eta_1 = \frac{D_1}{D_3}, \quad \eta_2 = \frac{D_2}{D_3} \quad (5)$$

Для решения дифференциального уравнения (4) применим метод конечных разностей, заменим выражения для частных производных через конечные разности [3,4],

$$\begin{aligned}
& [\varphi_1 + (\frac{K}{D_3} - \frac{q}{gD_3} \Theta^2 W - \frac{P}{gD_3} \Theta^2 W) \lambda_1^2 \lambda_2^2] W_i + \\
& + \varphi_2 (W_K + W_l) + \varphi_3 (W_m + W_n) + \\
& + \varphi_4 (W_p + W_q + W_0 + W_r) + \varphi_5 (W_s + W_t) + \\
& + \varphi_6 (W_U + W_V) = \frac{R \lambda_1^2 \lambda_2^2}{D_3}
\end{aligned} \tag{6}$$

где коэффициенты при прогибах определяются из выражений

$$\begin{aligned}
\varphi_1 &= \frac{6\eta_1}{\mu^2} + 8 + 6\eta_2 \mu^2, \quad \varphi_2 = -\frac{4\eta_1}{\mu^2} - 4, \\
\varphi_3 &= -4\eta_2 \mu^2 - 4, \quad \varphi_4 = 2, \quad \varphi_5 = \frac{\eta_1}{\mu^2}, \quad \varphi_6 = \eta_2 \mu^2,
\end{aligned} \tag{7}$$

Для прямоугольных пластин  $\mu = a/b$  – соотношение сторон.

Сосредоточенные массы и возмущающие силы определяются выражениями

$$P_0 = P \lambda_1 \lambda_2, \quad R_0 = R \lambda_1 \lambda_2 \tag{8}$$

Аппроксимируем пластину регулярной сеткой и запишем уравнение (6) для  $i$ -ой точки сеточной области.

$$\begin{aligned}
& \left( \varphi_1 + \frac{K a^4}{S^4 \mu^2 D_3} - \frac{P_0 \Theta^2 a^2}{g D_3 S^2 \mu^2} - \frac{q \Theta^2 a^4}{S^4 \mu^2 D_3} \right) W_i + \\
& + \varphi_2 (W_K + W_l) + \varphi_3 (W_m + W_n) + \\
& + \varphi_4 (W_p + W_q + W_0 + W_r) + \varphi_5 (W_s + W_t) + \\
& + \varphi_6 (W_U + W_V) = \frac{R_0 a^2}{D_3 S^2 \mu^2}
\end{aligned} \tag{9}$$

где  $S$  – число шагов сетки. Точки приложения сосредоточенных масс и возмущающих сил можно принимать произвольно в любом узле сеточной области.

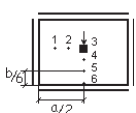
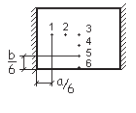
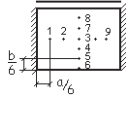
Граничные условия шарнирного опирания, защемления и свободного края могут варьироваться по любой стороне пластинки или на участке стороны. Упругое основание также может учитываться на участке пластины или по всему основанию. Программа на ЭВМ составлена для произвольного числа шагов сетки  $S$ . В зависимости от  $S$  программа автоматически формирует нужное число уравнений в конечных разностях. Задачи решались при числе шагов сетки  $S=6,8,10$ . При  $S=10$ , без уточнения значений расчета, расхождение результатов с точным

решением, которое дается для шарнирно опертой квадратной пластины [1] лежит в пределах 5%.

Исследовалось влияние внешней нагрузки и граничных условий на прогибы пластины. Значения прогибов в характерных точках пластины приведены в таблице 1. В задачах с 1 по 3 рассматривается пластина, шарнирно опертая по всему контуру. На первой схеме в таблице 1 показано, что масса и возмущающая сила приложены в центре пластины. Величина массы  $P_0$  меняется. Наибольший прогиб наблюдается в точке приложения внешней нагрузки.

Таблица 1

Результаты расчета пластины на вынужденные колебания

№ задачи	Схема пластины	K	$P_0$ 10 <sup>2</sup> кг	$R_0$ 10 <sup>2</sup> кг	Поло- жение массы $P_0$	Прогибы в отмеченных точках					
						$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$	$W_6$
1		0.0	2.0	3	0.00354	0.00660	0.00838	0.00660	0.00354	0.0	
2		0.0	2.5	2.0	3	0.00401	0.00698	0.00895	0.00698	0.00401	0.0
3		10.0	2.0	3	0.00583	0.01091	0.01350	0.01350	0.01091	0.0	
4		0.5	10.0	2.0	3	0.00254	0.00507	0.00676	0.00507	0.00254	0.0
5	Контур защемлен	0.5	10.0	2.0	3	0.00076	0.00225	0.00357	0.00225	0.00076	0.0
6		10.0	2.0	1	0.00131	0.00131	0.00101	0.00089	0.00081	0.00105	
7		10.0	2.0	2	0.00169	0.00446	0.00415	0.00375	0.00387	0.00573	
8		10.0	2.0	3	0.00138	0.00406	0.00604	0.00484	0.00411	0.00502	
9		10.0	2.0	4	0.00112	0.00332	0.00463	0.00674	0.00721	0.01031	
10		10.0	2.0	5	0.00072	0.00240	0.00335	0.00699	0.01355	0.02319	
11		10.0	2.0	6	0.00001	0.00044	0.00075	0.00374	0.01101	0.02677	
12		0.0	10.0	2.0	1,3,9	0.00148	0.00410	0.00603	0.00502	0.00437	0.00544
13		10.0	2.0	3,5,8	0.00165	0.00484	0.00712	0.00685	0.000761	0.01100	

Данные приведены для квадратной пластины. В задаче 4 рассматривается эта же пластина, но с учетом упругого основания с коэффициентом упругости грунта  $K=0,5$ . Прогибы во всех узлах уменьшаются, т.к. упругое основание имеется по всей площади плиты. В задаче 5 рассматривается пластина, защемленная по всему контуру. В этих задачах сосредоточенная

масса и возмущающая сила приложены в центре пластины. В задачах с 6 по 11 исследуется влияние положения массы и возмущающей силы на прогибы пластины. Внешняя нагрузка поочередно прикладывается в точках 1, 2, ..., 6. Пластина закреплена по двум противоположным сторонам, а две другие свободны. Расчеты показывают, что прогиб достигает наибольшего значения в момент приложения внешней нагрузки на свободном крае пластины в точке 6. Именно в этой точке наблюдается наибольший прогиб. Наименьший прогиб возникает, когда внешняя нагрузка приложена в узле 1 вблизи заземленной кромки. В этом случае наименьший прогиб наблюдается в точке 5.

В задачах 12 и 13 к пластине одновременно прикладываются три массы в различных точках. В первом случае массы приложены по центральному сечению в направлении оси ОХ. Это точки 1, 3, 9. Во втором случае массы приложены по центральному сечению в направлении оси ОУ, в точках 5,3,8. Возмущающая сила в обоих случаях действует в центре пластины в точке 3. При первой схеме загрузки (задача 12) наибольший прогиб наблюдается в точке 3, там, где приложена одна из трех масс и возмущающая динамическая нагрузка. При второй схеме загрузки (задача 13) максимальный прогиб наблюдается на свободном крае пластины, в точке 6. Прогиб в этом случае вдвое больше, чем в предыдущей задаче. Следует отметить, что свободный край всегда является наиболее опасным граничным условием с позиции максимальных изгибных деформаций и напряжений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Киселева И.В. Колебания опертой по контуру прямоугольной ортотропной пластинки с учетом сосредоточенной массы в месте приложения вибрационной нагрузки. - М.: МАДИ, 1957, вып . 21.
2. Laura P.A., Duran R. A note on forced vibrations of a clamped rectangular plate. // J. of Sound and Vibr., 1975, 42, № 1, - с. 129-135.
3. Ельмуратов С.К., Ельмуратова А.Ф. Расчет ортотропных пластин на вынужденные колебания. В журнале "Наука и техника Казахстана". - Павлодар, ПГУ, 2002.- № 4.
4. Варвак П.М. Развитие и приложение метода сеток к расчету пластинок. - Киев: АН УССР, 1949, ч.1, 1959. - ч.2.

УДК 621.311.027.025.1.053

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКА ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 6 – 10 КВ

М.К. Жанкуанышев, Б.Б. Утегулов,

А.Б. Утегулов, А.Б. Уахитова

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

*6-10 кВ электрлік торапта жерге бір фазалы тұйықталу тогын автоматты түрде анықтау алгоритмді әзірлеу.*

*Algorithm development of automatic determination of the current of single-phase closing to land in electrical network of 6 - 10 kW*

Системы внутреннего электроснабжения предприятий имеют различные схемы распределительных сетей, основными потребителями которых являются высокопроизводительные машины, механизмы и электроустановки технологических производств, простой которых может нанести весьма ощутимый ущерб. Поэтому задача обеспечения надежности системы внутреннего электроснабжения является актуальной и в первую очередь подразумевает применение мероприятий и средств, направленных на снижение вероятности появлений однофазных замыканий на землю, как наиболее частого и тяжелого аварийного режима [1].

В практике эксплуатации имеют место повреждения изоляции какой-либо фазы относительно земли, приводящие к появлению однофазных замыканий на землю. Известные методы определения тока однофазных замыканий на землю не нашли широкого применения, так как они имеют недостаток: привлечение персонала для визуального снятия модулей напряжения и токов, необходимых для расчета значения тока однофазного замыкания на землю (ОЗЗ).

Поэтому с целью повышения уровня электробезопасности и автоматизации элементов системы электроснабжения сельских предприятий необходимо разработать средство автоматического определения тока ОЗЗ в сетях 6 – 10 кВ, основными достоинствами которых являются автоматическое определение и накопление динамики изменения во времени тока однофазного замыкания на землю.



Основными структурными элементами способа автоматического определения тока однофазного замыкания на землю в электрической сети 6 – 10 кВ являются: архитектура реализующего разрабатываемый способ устройства, которая определяет и обосновывает его основные функциональные блоки и функциональную схему; алгоритм автоматического определения тока ОЗЗ в электрической сети 6 – 10 кВ, определяющий последовательность выполнения действий.

Термин «алгоритм» в инженерной практике понимается как конечная совокупность точно сформулированных правил решения какой-то задачи [2]. Таким образом, разработка алгоритма определения какой-либо физической величины заключается в выработке последовательности операций, направленных на достижение поставленной цели. Действия, используемые в алгоритме, должны по возможности ориентироваться на технические средства, которыми будет реализовываться алгоритм.

В большинстве случаев разработка алгоритма определения физической величины осуществляется путем модернизации, какого-либо метода (способа), применяемого для определения искомой или иной физической величины, выбранного в качестве прототипа.

По результатам проведенного анализа методов определения тока однофазного замыкания на землю в качестве прототипа для разработки алгоритма автоматического определения тока ОЗЗ в электрической сети 6 – 10 кВ принимается косвенный метод определения тока однофазного замыкания на землю в электрической сети с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В, нашедший широкое применение в практике. Метод основан на измерении модулей линейного напряжения  $U_{л}$ , напряжении фазы относительно земли  $U_{ф0}$ , напряжения нулевой последовательности  $U_0$  после подключения одной из фаз электрической сети и землей дополнительной емкостной проводимости  $b_0$  [2]. По измеренным величинам определяют ток однофазного замыкания на землю:

$$I_o = \frac{U_{л} \cdot U_{ф0}}{U_0} b_0. \quad (1)$$

Основным преимуществом данного метода по сравнению с другими аналогичными косвенными методами определения тока ОЗЗ является существенная простота измерений модулей напряжения фазы относительно земли, линейного напряжения, напряжения нулевой последовательности и расчета величины тока ОЗЗ на основании измеренных данных при высокой точности определяемого тока ОЗЗ.

На основании анализа операций, выполняемых при измерении тока ОЗЗ электрической сети 6 – 10 кВ, состоящий из следующих операций (рисунок 1):

1. подключение выключателем нагрузки дополнительной емкостной проводимости между одной из фаз электрической сети и землей;
2. одновременное считывание со вторичной обмотки трансформатора линейного напряжения и напряжения фазы относительно земли;
3. преобразование величин напряжения фазы относительно земли и линейного напряжения в цифровые коды;
4. вычисление на основе преобразованных цифровых кодов значений напряжения фазы относительно земли, линейного напряжения и напряжения нулевой последовательности значения модуля тока ОЗЗ;
5. сохранение времени измерения и значения тока ОЗЗ в энергонезависимом оперативном запоминающем устройстве;
6. выключателем нагрузки производится отключение дополнительной емкостной проводимости;
7. вывод времени измерения и значения тока ОЗЗ на устройства отображения и передачи данных;
8. переход к началу программы обработки данных.

Так как алгоритм содержит большое количество операций переходов при выполнении определенных условий, то для большей наглядности алгоритма автоматического определения тока ОЗЗ в электрической сети 6 – 10 кВ принят язык содержательных граф – схем алгоритмов.

Содержательная граф-схема алгоритма – это ориентированный связный граф, включающий вершины пяти типов: начальную, не имеющую входа, конечную, операторную, условную и ждущую, имеющие по одному входу. У начальной и операторной вершин – по одному выходу, у условной и ждущей – два выхода, помеченных символами 1 и 0, причем один из выходов ждущей вершины соединяется с ее входом. Конечная вершина выходов не имеет. Внутри условных и операторных вершин записаны логические условия и операции в содержательных терминах.

Рисунок 1 – Граф – схема алгоритма автоматического определения тока ОЗЗ в электрической сети 6 – 10 кВ.

Полученный алгоритм автоматического определения тока ОЗЗ в электрической сети 6–10 кВ создает основу для разработки способа и устройства автоматического определения тока ОЗЗ в электрической сети 6 – 10 кВ путем однозначного определения необходимых функциональных элементов и их взаимосвязи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гладилин Л.В., Щуцкий В.И., Бацежев Ю.Г., Чеботаев Н.И. Электробезопасность в горнодобывающей промышленности. - М.: Недра, 1977. - с. 327.
2. Блох А.Ш. Блок-схемы и алгоритмы. - М.: Высшая школа, 1987. - 144 с.

УДК 621.879.064.2-585.12

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ И УСКОРЕНИЙ ТОЧЕК ЗВЕНЬЕВ МЕХАНИЗМА ГИДРОУПРАВЛЯЕМОЙ ЧЕЛЮСТИ КОВША ЭКСКАВАТОРА

Р.А. Кабашев, Б.М. Кульгильдинов

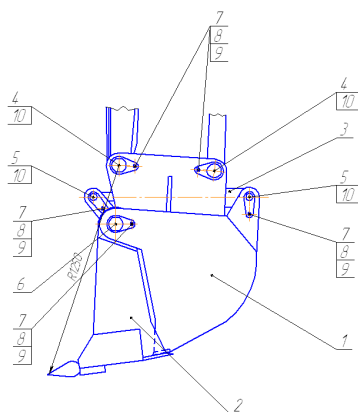
КазАДИ, г. Алматы

*Кинематиялық талдауды ұсынған әдістеме ірі қойтас болатын тасқын шығаруларды өңдеу үшін геометриялық және бір шөмішті экскаваторды жұмыс жабдығының жағаның ұсынуын тетіктің кинематиялық параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді.*

*The offered technique of the kinematic analysis allows to define geometrical and kinematic parameters of the mechanism of extension of a hydrojaw of working equipment of an excavator to develop a mudflow.*

В результате селевых потоков у искусственных защитных сооружений, воздвигаемых на путях прохождения селевых потоков происходит накопления селевой грунтовой среды (СГС), которую необходимо убирать в основном землеройными машинами (ЗМ). Наиболее труднорабатываемыми в створах плотин, селеуловителей являются крупнообломочные грунты, которые требуют создания специальных рабочих органов (РО) с целью повышения эффективности традиционных ЗМ, широко применяемых в чрезвычайных ситуациях.

На основе анализа патентной информации по созданию новых РО ЗМ адаптированных к разработке СГС и завалов, было предложено новое техническое решение специального оборудования (рисунок 1).



1– Ковш; 2– челюсть; 3– Гидроцилиндр; 4– Палец; 5– Палец;  
6–Палец; 7– Болт; 8–Гайка; 9– Шайба; 10- Масленка.

Рисунок 1 – Конструкция специального ковша с раскрывающейся частью для разработки селевых выносов содержащих крупные валуны.

Навесное рабочее оборудование гидравлического экскаватора для разработки селевых выносов, содержащих крупные валуны размером до 1 м, представляет многофункциональный ковш с раскрывающейся гидроруляемой челюстью

Специальный ковш состоит из основной части 1, к которой шарнирно на подшипниках скольжения прикреплена раскрывающаяся часть ковша 2. К основному ковшу с помощью кронштейнов крепится гидроцилиндр 3, шток которого соединен с помощью рычагов с раскрывающейся частью ковша 2.

При встрече с крупными валунами, машинист экскаватора раскрывает поворотную часть ковша 2, загружает крупный валун до 1 м в диаметре, обратным ходом штока гидроцилиндра приподнимает крупный камень раскрывающейся частью 2 к основному ковшу 1. Далее машинист подъемом ковша выгружает крупный камень в отвал или в транспортное средство. Применение ковша данной конструкции по сравнению с ковшами существующей конструкции обеспечит удовлетворительную разработку селевой грунтовой среды, включающей каменный материал больших размеров.

Общая постановка задачи о положениях звеньев плоского рычажного механизма ставится следующим образом: необходимо найти функции положений выходных (ведомых) звеньев от обобщенных координат входных (ведущих) звеньев при заданных параметрах и положений внешних шарниров на основе метода векторных замкнутых контуров. Если

в механизме имеется несколько структурных групп, то кинематический анализ выполняется в последовательности присоединения этих групп. В этом случае, кроме систем координат, связанных с отдельными звеньями механизма, для каждой структурной группы должна быть определена система координат, относительно которой звенья группы образует ферму, т.е. имеет число степеней свободы, равное нулю [1].

Для решения задачи о положениях выходных (ведомых) звеньев должны быть заданы кинематическая схема механизма и положение входного (ведущего) звена с одной степенью свободы, или положения входных (ведущих) звеньев для механизма с несколькими степенями свободы.

Выполним анализ гидроуправляемой челюсти ковша нового рабочего оборудования одноковшового экскаватора, кинематическая схема которого представлена на рисунке 2.

С ковшом жестко свяжем систему координат  $OXY$ . Пусть относительно системы координат  $OXY$ , заданы координаты жестко связанных с ковшом шарниров:  $O(x_O, y_O)$ ;  $N(x_N, y_N)$ ;  $A(x_A, y_A)$ ; и точки ковша  $F(x_F, y_F)$  (рисунок 2).

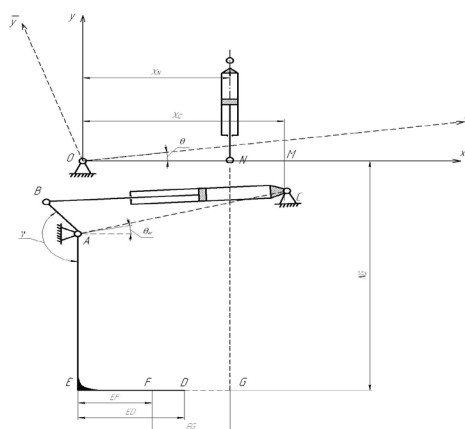


Рисунок 2 – Кинематическая схема ковша с раскрывающейся частью для разработки селевых выносов содержащих крупные валуны

Пусть также известны линейные размеры механизма выдвигающего челюсть: АВ, ВС (длина ВС зависит от хода штока гидроцилиндра, ход штока гидроцилиндра меняется в пределах:  $BC_{max} BC_{min}$ ), АЕ и ЕF. Определим относительно системы координат  $OXY$  положения всех звеньев, а также координаты нас интересующих точек звеньев.

Для определения скоростей и ускорений точек механизма, необходимо определить аналоги угловых скоростей и ускорений звеньев, а также

аналоги линейных скоростей и ускорений точек звеньев механизма. Аналоги угловых скоростей и ускорений звеньев механизма находятся соответственно однократным и двукратным дифференцированием уравнений замкнутости независимых замкнутых контуров по обобщенной координате. При этом, независимо от класса механизма, получаем систему линейных уравнений относительно аналогов угловых скоростей или ускорений в зависимости от количества дифференцирования по обобщенной координате, уравнение замкнутости независимых контуров.

Запишем уравнение замкнутости контура для рассматриваемого механизма в векторной форме:

$$\overline{AC} + \overline{CB} - \overline{AB} = 0. \quad (1)$$

Проектируя эти вектора на оси OX и OY системы координат получим следующую систему уравнений в скалярной форме:

$$\begin{cases} AC \cos(\theta_{AC}) + CB \cos(\theta_{CB}) - AB \cos(\theta_{AB}) = 0; \\ AC \sin(\theta_{AC}) + CB \sin(\theta_{CB}) - AB \sin(\theta_{AB}) = 0; \end{cases} \quad (2)$$

где  $\theta_{CB} = \arctan\left(\frac{y_B - y_C}{x_B - x_C}\right)$ ;

Для определения аналогов угловых скоростей углов  $\theta_{AC}$ ,  $\theta_{CB}$  и  $\theta_{AB}$  дифференцируем уравнения (2) по обобщенной координате CB и получим:

$$\begin{cases} -AC \sin(\theta_{AC}) \frac{d\theta_{AC}}{dCB} + \cos(\theta_{CB}) - CB \sin(\theta_{CB}) \frac{d\theta_{CB}}{dCB} + AB \sin(\theta_{AB}) \frac{d\theta_{AB}}{dCB} = 0; \\ AC \cos(\theta_{AC}) \frac{d\theta_{AC}}{dCB} + \sin(\theta_{CB}) + CB \cos(\theta_{CB}) \frac{d\theta_{CB}}{dCB} - AB \sin(\theta_{AB}) \frac{d\theta_{AB}}{dCB} = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Запишем эти уравнения в матричной форме

$$\begin{bmatrix} -CB \sin(\theta_{CB}) & AB \sin(\theta_{AB}) \\ CB \cos(\theta_{CB}) & -AB \cos(\theta_{AB}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{d\theta_{CB}}{dCB} \\ \frac{d\theta_{AB}}{dCB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\cos(\theta_{CB}) \\ -\sin(\theta_{CB}) \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Для определения аналогов угловых скоростей углов  $\theta_{AC}$ ,  $\theta_{CB}$  и  $\theta_{AB}$  дифференцируем уравнения (3) по обобщенной координате CB получим:

$$\begin{cases} -\sin(\theta_{CB}) \frac{d\theta_{CB}}{dCB} - \sin(\theta_{CB}) \frac{d\theta_{CB}}{dCB} - CB \cdot \cos(\theta_{CB}) \left[ \frac{d\theta_{CB}}{dCB} \right]^2 - CB \sin(\theta_{CB}) \frac{d^2\theta_{CB}}{dCB^2} + \\ + AB \cos(\theta_{AB}) \left( \frac{d^2\theta_{AB}}{dCB} \right)^2 + AB \sin(\theta_{AB}) \frac{d^2\theta_{AB}}{dCB^2} = 0; \\ \cos(\theta_{CB}) \frac{d\theta_{CB}}{dCB} + \cos(\theta_{CB}) \frac{d\theta_{CB}}{dCB} - CB \cdot \sin(\theta_{CB}) \left[ \frac{d\theta_{CB}}{dCB} \right]^2 + CB \cos(\theta_{CB}) \frac{d^2\theta_{CB}}{dCB^2} + \\ + AB \sin(\theta_{AB}) \left( \frac{d^2\theta_{AB}}{dCB} \right)^2 - AB \cos(\theta_{AB}) \frac{d^2\theta_{AB}}{dCB^2} = 0; \end{cases} \quad (5)$$

Запишем эти уравнения в матричной форме

$$\begin{bmatrix} -CB \sin(\theta_{CB}) & AB \sin(\theta_{AB}) \\ CB \cos(\theta_{CB}) & -AB \cos(\theta_{AB}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{d^2\theta_{CB}}{dCB^2} \\ \frac{d^2\theta_{AB}}{dAB^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \sin(\theta_{CB}) \frac{d\theta_{CB}}{dCB} + CB \cos(\theta_{CB}) \left( \frac{d\theta_{CB}}{dCB} \right)^2 \\ - AB \cos(\theta_{AB}) \left( \frac{d\theta_{AB}}{dCB} \right)^2 \\ - 2 \cos(\theta_{CB}) \frac{d\theta_{CB}}{dCB} + CB \sin(\theta_{CB}) \left( \frac{d\theta_{CB}}{dCB} \right)^2 \\ - AB \sin(\theta_{AB}) \left( \frac{d\theta_{AB}}{dCB} \right)^2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Дифференцируя  $\theta_{AB}$  по времени как сложную функцию, определяем истинную угловую скорость звена АВ:

$$\omega_{AB} = \frac{d\theta_{AB}}{dt} = \frac{d\theta_{AB}}{dCB} \frac{dCB}{dt}. \quad (7)$$

Дифференцируя уравнение (7) по времени, как сложную функцию, определяем истинное угловое ускорение звена АВ:

$$\varepsilon_{AB} = \frac{d^2\theta_{AB}}{dCB^2} \left( \frac{dCB}{dt} \right)^2 + \frac{d\theta_{AB}}{dCB} \frac{d^2CB}{dt^2}. \quad (8)$$

Аналогично определяем истинные угловые скорости и ускорения для звена СВ:

$$\omega_{CB} = \frac{d\theta_{CB}}{dt} = \frac{d\theta_{CB}}{dCB} \frac{dCB}{dt}; \quad (9)$$

$$\varepsilon_{CB} = \frac{d^2\theta_{CB}}{dCB^2} \left( \frac{dCB}{dt} \right)^2 + \frac{d\theta_{CB}}{dCB} \frac{d^2CB}{dt^2}. \quad (10)$$

Дифференцируя уравнение (4) по времени, определяем линейные скорости точки  $B$  механизма по осям координат  $OXY$ :



$$\begin{cases} \frac{dx_B}{dt} = -AB \sin(\theta_{AB}) \frac{d\theta_{AB}}{dt} = -AB \sin(\theta_{AB}) \omega_{AB}; \\ \frac{dy_B}{dt} = AB \cos(\theta_{AB}) \frac{d\theta_{AB}}{dt} = AB \cos(\theta_{AB}) \omega_{AB}. \end{cases} \quad (11)$$

Дифференцируя уравнение (11) по времени, определяем линейные ускорения точки  $B$  механизма:

$$\begin{cases} \frac{d^2x_B}{dt^2} = -AB \cos(\theta_{AB}) \omega_{AB} - ab \sin(\theta_{AB}) \varepsilon_{AB}; \\ \frac{d^2y_B}{dt^2} = -AB \sin(\theta_{AB}) \omega_{AB}^2 + ab \cos(\theta_{AB}) \varepsilon_{AB}. \end{cases} \quad (12)$$

Дифференцируя уравнение (5) по времени, определяем линейные скорости точки  $E$  механизма:

$$\begin{cases} \frac{dx_E}{dt} = -AE \sin(\theta_{AB} + \gamma) \frac{d\theta_{AB}}{dt} = -AE \sin(\theta_{AB} + \gamma) \omega_{AB}; \\ \frac{dy_E}{dt} = AE \cos(\theta_{AB} + \gamma) \frac{d\theta_{AB}}{dt} = AE \cos(\theta_{AB} + \gamma) \omega_{AB}. \end{cases} \quad (13)$$

Дифференцируя уравнение (13) по времени, определяем линейные ускорения точки  $E$  механизма:

$$\begin{cases} \frac{d^2x_E}{dt^2} = -AE \cos(\theta_{AB} + \gamma) \omega_{AB}^2 - AE \sin(\theta_{AB} + \gamma) \varepsilon_{AB}; \\ \frac{d^2y_E}{dt^2} = -AE \sin(\theta_{AB} + \gamma) \omega_{AB}^2 + AE \cos(\theta_{AB} + \gamma) \varepsilon_{AB}. \end{cases} \quad (14)$$

Аналогично определяем проекции линейных скоростей и ускорений точки  $D$ , дифференцируя уравнение (6) по времени один и два раза соответственно:

$$\begin{cases} \frac{dx_D}{dt} = \frac{dx_E}{dt} - ED \sin\left(\theta_{AB} + \gamma + \frac{\pi}{2}\right) \omega_{AB}; \\ \frac{dy_D}{dt} = \frac{dy_E}{dt} + ED \cos\left(\theta_{AB} + \gamma + \frac{\pi}{2}\right) \omega_{AB}; \end{cases} \quad (15)$$

$$\begin{cases} \frac{d^2x_D}{dt^2} = \frac{d^2x_E}{dt^2} - ED \cos\left(\theta_{AB} + \gamma + \frac{\pi}{2}\right) \omega_{AB}^2 - ED \sin\left(\theta_{AB} + \gamma + \frac{\pi}{2}\right) \varepsilon_{AB}; \\ \frac{d^2y_D}{dt^2} = \frac{d^2y_E}{dt^2} - ED \sin\left(\theta_{AB} + \gamma + \frac{\pi}{2}\right) \omega_{AB}^2 + ED \cos\left(\theta_{AB} + \gamma + \frac{\pi}{2}\right) \varepsilon_{AB}. \end{cases} \quad (16)$$

Теперь, свяжем жестко, с плоскостью движения ковша, неподвижную систему координат с началом в шарнире  $O$  ковша  $Ox^aY^a$ . Пусть ковш (система координат  $OXY$ ) поворачивается относительно системы координат  $Ox^a$  на угол  $\varphi$ . Определим координаты точек  $N, C, A, B, D$  и  $F$  относительно систем координат  $Ox^aY^a$ . Для этого используем формулы преобразования систем координат. Тогда координаты этих точек будут определены соответственно по ниже приведенным формулам:

$$\begin{cases} x_N^a \\ y_N^a \end{cases} = \begin{bmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi \\ \sin\varphi & \cos\varphi \end{bmatrix} \begin{cases} x_N \\ 0 \end{cases} & \begin{cases} x_C^a \\ y_C^a \end{cases} = \begin{bmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi \\ \sin\varphi & \cos\varphi \end{bmatrix} \begin{cases} x_C \\ y_C \end{cases} \\
 \begin{cases} x_A^a \\ y_A^a \end{cases} = \begin{bmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi \\ \sin\varphi & \cos\varphi \end{bmatrix} \begin{cases} x_A \\ y_A \end{cases} & \begin{cases} x_B^a \\ y_B^a \end{cases} = \begin{bmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi \\ \sin\varphi & \cos\varphi \end{bmatrix} \begin{cases} x_B \\ y_B \end{cases} \\
 \begin{cases} x_D^a \\ y_D^a \end{cases} = \begin{bmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi \\ \sin\varphi & \cos\varphi \end{bmatrix} \begin{cases} x_D \\ y_D \end{cases} & \begin{cases} x_F^a \\ y_F^a \end{cases} = \begin{bmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi \\ \sin\varphi & \cos\varphi \end{bmatrix} \begin{cases} x_F \\ y_F \end{cases}
 \end{cases} \quad (17)$$

Для проведения кинематического анализа разработана программа расчета и получены численные значения геометрических и кинематических параметров механизма выдвигания гидрочелюсти рабочего оборудования одноковшового экскаватора для разработки селевых выносов, содержащих крупные валуны.

В таблице 1, в качестве примера, приведены численные значения угловых скоростей и ускорений звеньев АВ и СВ и угла поворота челюсти рассматриваемого механизма в зависимости от хода штока гидроцилиндра.

Таблица 1

Численные значения угловых скоростей и ускорений звеньев АВ и СВ и угла поворота челюсти в зависимости от хода штока гидроцилиндра

ход штока (мм)	$\omega_{AB}$ (1/сек)	$\varepsilon_{AB}$ (1/сек <sup>2</sup> )	$\omega_{CB}$ (1/сек)	$\varepsilon_{CB}$ (1/сек <sup>2</sup> )	Угол открытия челюсти (град)
0.00000	0.1570	-0.0633	-0.0436	0.0229	0.1570
14.00000	0.1184	-0.0238	-0.0290	0.0096	0.1184
28.00000	0.1009	-0.0128	-0.0216	0.0057	0.1009
42.00000	0.0907	-0.0080	-0.0168	0.0040	0.0907
56.00000	0.0841	-0.0054	-0.0133	0.0031	0.0841
70.00000	0.0795	-0.0038	-0.0105	0.0025	0.0795
84.00000	0.0762	-0.0028	-0.0082	0.0021	0.0762
98.00000	0.0738	-0.0020	-0.0063	0.0018	0.0738
112.00000	0.0722	-0.0014	-0.0046	0.0016	0.0722
126.00000	0.0710	-0.0009	-0.0031	0.0014	0.0710
140.00000	0.0703	-0.0005	-0.0017	0.0013	0.0703
154.00000	0.0700	-0.0001	-0.0004	0.0012	0.0700
168.00000	0.0701	0.0002	0.0008	0.0012	0.0701
182.00000	0.0705	0.0006	0.0019	0.0011	0.0705
196.00000	0.0712	0.0009	0.0031	0.0011	0.0712
210.00000	0.0722	0.0013	0.0042	0.0011	0.0722
224.00000	0.0737	0.0017	0.0053	0.0011	0.0737
238.00000	0.0756	0.0021	0.0065	0.0012	0.0756
252.00000	0.0780	0.0027	0.0077	0.0012	0.0780
266.00000	0.0810	0.0034	0.0089	0.0013	0.0810
280.00000	0.0848	0.0043	0.0104	0.0015	0.0848

На рисунке 3 представлена зависимость угловой скорости звена АВ от хода штока гидроцилиндра.

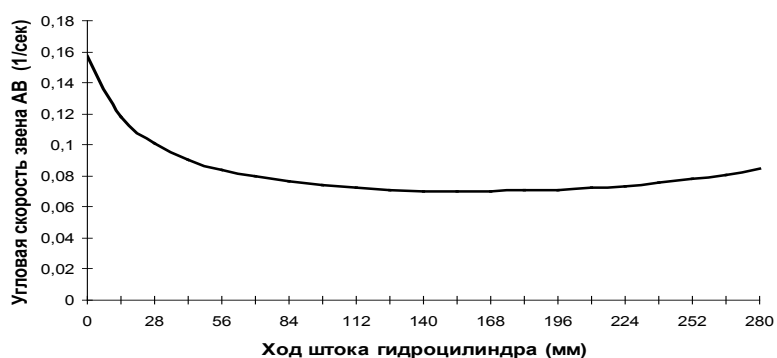


Рисунок 3 – Зависимость угловой скорости звена АВ от хода штока гидроцилиндра

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Джолдасбеков У.А. Теория механизмов высоких классов. - Алматы: Ғылым, 2001. - 427 с.

УДК 621.311.078

## АВТОМАТИКА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕСПЕРЕБОЙНОЙ РАБОТЫ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

М.Я. Клецель

К.С. Глокк, Ю.В. Павлюковский.

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

*Мүмкіндіктің электр станциясында блок бұзылусыз тоқтатуға және оның авария тәртіптеріндегі жұмысына жылдам қосылуға қамтамасыз ететін автоматиканы қарайды. Оның логика алгебрасының қолдануымен салынған іске асырулары және олардың жұмысының сипаттамасының схемалары тура келеді.*

*Is considered automatic equipment that provides an opportunity to stop a block at a power station without damage and quickly turn it into operation in emergency conditions. Stages of implementation, built with the algebra of logic, and a description of their work is given.*

**Актуальность проблемы.** На электростанциях возможны режимы, когда все технологические агрегаты прекращают работу из-за того, что электродвигатели, приводящие их в движение, теряют питание. Электростанция перестает вырабатывать энергию или значительно сокращает ее выдачу. В данной работе предлагается сохранить питание самых важных агрегатов, путем отключения менее важных.

**Действие автоматики** основано на выявлении потери питания на секциях, подключаемых к пускорезервному трансформатору (ПРТ), и контроле его перегрузки. Автоматика выдает сигнал на отключение двигателей той секции, где выявлена потеря питания. В работе остаются лишь те, которые позволяют без повреждений остановить блок и быстро включить его в работу.

**Алгоритмы действия.** Если ПРТ допускает самозапуск потребителей двух трансформаторов, то условия действия автоматики формулируются следующим образом. Сигнал  $O_1$  на отключение двигателей первой рабочей секции СН должен быть подан, если есть сигнал  $H_1$  о срабатывании

двигателей (она фиксирует потерю питания) этой секции; И есть сигнал о том, что первая секция подключалась к ПРТ И есть сигнал, что вторая И третья ИЛИ вторая И четвертая, ИЛИ третья И четвертая, ИЛИ все три последние секции подключены к ПРТ.

Используя аппарат алгебры логики, запишем эти условия аналитически:

$$O_1 = H_1 V_1 (V_2 V_3 + V_2 V_4 + V_3 V_4 + V_2 V_3 V_4),$$

где  $V_1, V_2, V_3, V_4$  - сигналы о включенном положении секционных выключателей рабочих секций 1- 4 СН.

Используя тривиальное соотношение алгебры логики  $V_3 V_4 + V_2 V_3 V_4 = V_3 V_4$ , получим

$$O_1 = H_1 V_1 (V_2 V_3 + V_2 V_4 + V_3 V_4). \quad (1)$$

Аналогично

$$O_2 = H_2 V_2 (V_1 V_3 + V_1 V_4 + V_3 V_4), \quad (2)$$

$$O_3 = H_3 V_3 (V_1 V_2 + V_1 V_4 + V_2 V_4), \quad (3)$$

$$O_4 = H_4 V_4 (V_1 V_2 + V_1 V_3 + V_2 V_3) \quad (4)$$

где  $O_1, O_2, O_3, O_4$  - сигналы на отключение двигателей соответственно первой, второй, третьей, четвертой секций;  $H_1, H_2, H_3, H_4$  - сигналы о срабатывании ЗМН этих секций;  $H_1 (H_2, H_3, H_4)$  принимает значение 1, если сработала ЗМН первой (второй, третьей, четвертой) секции, и значение 0, если она не работала;  $V_1 (V_2, V_3, V_4)$  - принимает значение 1, если включен секционный выключатель первой (второй, третьей, четвертой) секции, и значение 0, если он отключен.

На рис. 1 представлены построенные по формулам (1) - (4) структурные схемы автоматики. На рис. 2 - релейно-контактное исполнение [1], когда ПРТ допускает самозапуск двух трансформаторов. На рис. 3 - связи с выключателями, устройствами автоматического включения резерва (АВР) и ЗМН СН станции. Для упрощения трансформатор 9 и ПРТ показаны двухобмоточными, а рабочие секции, подключенные к расщепленной обмотке трансформатора, и резервные шины, параллельные нарисованным, не показаны. Поскольку предлагаемое устройство воздействует на двигатели СН четырех энергоблоков, к нему предъявляются высокие требования по надежности.

**Схема автоматики и ее работа.** Пусть секция 1 потеряла питание, напряжение понижается и реле KV1 минимального напряжения блока 5 выявления потери питания, замыкая контакты, запускает реле КТ1. Последнее через 0,5с воздействует на реле КЛ1 [2] исполнительного органа

6, которое замыкает контакты KL1.1 в цепях автоматики 7, а другими отключает неответственные двигатели (для секций 2-4 соответствующие реле будут обозначаться как KV2, KV3, KV4 и KL2, KL3, KL4).

От другого реле минимального напряжения, являющегося пусковым органом АВР (на схеме не показано), отключается рабочий выключатель Q3, а по отключению последнего включается (как обычно в АВР) секционный выключатель Q1, подключая первую секцию к ПРТ (включается и выключатель с высшей стороны ПРТ). При этом замыкаются контакты реле KQC1 положения включено (рис. 2) выключателя (И, но ни одно из выходных реле (KL5-KL8) автоматики 7 в действие не приходит.

Если после отключения первой секции к резервному трансформатору подключается любая другая секция из-за потери питания, например третья, то контакты KL3.1 реле KL3 третьей секции замыкаются, замыкаются контакты реле KQC6 резервного выключателя этой секции. Но и в этом случае реле KL5-KL8 в действие не приходят, а реле KL1 и KL3 возвращаются в исходное положение после восстановления напряжения. Реле KL5-KL8 не приходят в действие и в любом другом случае, когда включено не больше двух секционных выключателей.

Когда от резервного трансформатора СН питаются потребители двух рабочих трансформаторов (в данном случае первого и третьего) и на него автоматически переводятся потерявшие питание потребители еще одного рабочего трансформатора, например второго, блок 5 второй секции выявляет потерю питания. Контакты KL2.1 реле KL2 замыкаются, контакты KQC1.2 и KQC6.2 уже замкнуты, и, как только включается секционный выключатель второй секции Q4, срабатывает реле KQC4, замыкая контакты KQC4.2. Реле KL6 получает питание и подает сигнал на отключение всех двигателей второй секции, кроме обеспечивающих останов блока и быстрое его включение. Если после этого (или одновременно) на резервный трансформатор автоматически переводятся и потребители последней (в данном случае четвертой) секции, замыкаются контакты KL4.1, KQC8.1 и KQC8.2 и реле KL8 срабатывает, отключая соответствующие двигатели четвертой секции.

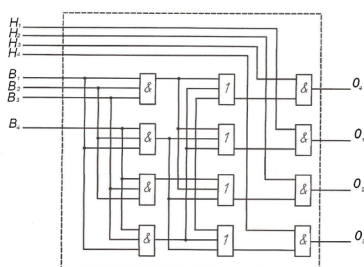


Рисунок 1 - Структурная схема автоматики

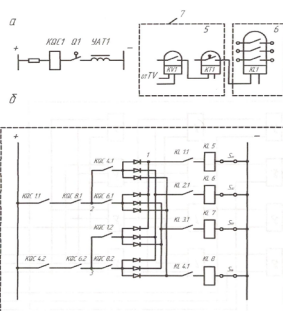


Рисунок 2 – Схема автоматики для ЭС, ПРТ которой допускает самозапуск двигателей двух трансформаторов

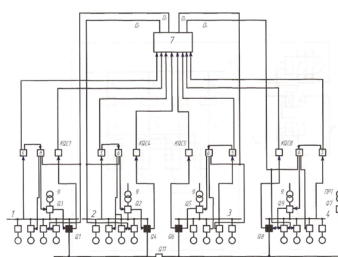


Рисунок 3 - Связи автоматики с АВР, ЗМН и выключателями СН станции

Если во время системной аварии на ПРТ переводятся потребители двух рабочих трансформаторов (например, их выключатели отключаются от устройства резервирования отказа выключателей через выходные реле защит блоков) и до этого двигатели СН всех блоков питались от рабочих трансформаторов СН, то происходит самозапуск переводимых двигателей.

Если до аварии от резервного трансформатора уже питались двигатели одного из рабочих трансформаторов, например второго, то оперативный

персонал после подключения второй секции к резервному трансформатору снимает накладку Sx2 устройства, исключая реле KL6 из работы. Поэтому, когда во время аварии два резервных выключателя подключат к ПРТ потребителей еще двух секций (например, первой и третьей), устройство будет работать следующим образом.

Если ЗМН первой и третьей секции (или той и другой) успеет сработать, то сразу после включения последнего из двух включающихся выключателей создается цепь на срабатывание реле KL5 или KL3 (или обоих), которые отключают соответствующие двигатели первой или третьей (или обоих) секций, а все потребители второй секции остаются в работе. Если ЗМН не успевают сработать (включение секционных выключателей произойдет по отключению выключателей рабочих трансформаторов от выходных реле защит блоков), то начинается самозапуск двигателей двух секций при питании от тех же шин двигателей ранее переведенной секции СН. Самозапуск не обеспечивается. Срабатывает ЗМН и схема работает, как и в предыдущем случае.

Если до аварии от ПРТ питались двигатели двух рабочих секций, например первой и второй (накладки Sx1 и Sx2 сняты), то при подключении еще двух секций отключаются все двигатели подключившихся секций, кроме обеспечивающих останов блока и включение его в работу.

Если во время системной аварии на резервный трансформатор переводятся потребители всех рабочих трансформаторов, схема работает следующим образом. До тех пор пока не включились секционные выключатели каких-то трех секций, реле KL5-KL8 в действие не приходят. При их включении происходит самозапуск двигателей сразу трех секций и, если ЗМН на секциях СН не успели сработать к этому моменту, реле KL5-KL8 не действуют. Напряжение понижается. Подключение четвертой секции еще больше способствует этому понижению. Срабатывает ЗМН и в худшем случае могут одновременно сработать все реле KL5-KL8 и отключить все двигатели всех секций, кроме указанных выше.

Выставив выдержку времени ЗМН на секциях соответственно 0,5; 0,6; 0,7; 0,8 с, можно добиться сохранения СН одного или двух блоков даже в этом режиме. Действительно, при снижении напряжения на шипах резервного трансформатора сначала срабатывает ЗМН с меньшей выдержкой времени и, так как три секционных выключателя уже включены, будут отключены соответствующие двигатели секции, где сработала ЗМН.

**Выводы.** Разработанная автоматика выполняет заданные функции, используя информацию от реле, находящихся в эксплуатации, достаточно проста, благодаря применению алгебры логики для ее построения, легко может быть реализована на ЭВМ.



ЛИТЕРАТУРА

1. Клецель М.Я., Солодухин И.Н. Устройство автоматического резерва собственных нужд электростанции (его варианты): А.С. 951555 СССР // Б.И. 1982. - № 30

2. Байтер И.И. Релейная защита и автоматика питающих элементов собственных нужд тепловых электростанций. - М.: Энергия, 1975.

УДК 004.891.3

## СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНО- АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПРИ ПОМОЩИ LABVIEW

А.Е. Козярук, Ю.Л. Жуковский, А.А. Коржев

Санкт-Петербургский государственный горный институт имени  
Г.В. Плеханова (технический университет), г. Санкт-Петербург

*Жұмыста қажетті өлшемді құрайтын және оны компьютерге түсіретін деректер жиынтығынан құрылған бағдарламалы-аппараттық кешенін құрудың өңдемесін жасау ұсынылады.*

*This work presents development of a hardware-software complex consisting of the computer and the device of data gathering, making necessary measurements and transferring them of the computer.*

### Постановка задачи

Затраты на ремонт и техническое обслуживание вращающегося электрооборудования составляют значительную часть общих эксплуатационных затрат промышленных предприятий. При этом их общая доля в процессе эксплуатации по мере выработки ресурса возрастает. По этому особую важность имеют вопросы связанные с оценкой текущего состояния используемого вращающегося электрооборудования, своевременной диагностики аварийных и предаварийных режимов его работы, оценки остаточного ресурса используемого оборудования. На данный момент перспективным является переход от технического обслуживания по регламенту или по выходу из строя оборудования к обслуживанию по фактическому состоянию. При эксплуатации электрооборудования по фактическому состоянию контроль осуществляется по вторичным параметрам, поэтому эти параметры должны удовлетворять определенным требованиям:

Измерение параметров должно обеспечиваться по возможности простыми, портативными техническими средствами;

Диапазон изменения контролируемых параметров в процессе работы механизма от состояния «отличное» до состояния «неудовлетворительное» должен быть достаточно большим для своевременного выявления зарождающихся дефектов и достоверного прогнозирования остаточного ресурса;

Стоимость выполнения работ по контролю вторичных параметров и время их выполнения должны быть существенно ниже, чем при ремонтах;

Высокая достоверность контроля по вторичным параметрам;

Параметры контроля должны быть по возможности универсальны для диагностики одинаковых дефектов однотипного оборудования.

Для перехода с обслуживания и ремонта по регламенту на ремонт и обслуживание по фактическому состоянию необходима тщательная диагностика электрооборудования, причем, чтобы подготовиться к ремонту, желательно обнаружить все дефекты, влияющие на ресурс, задолго до отказа. По этим причинам необходимо применение методов диагностики не только относящихся к категории функциональных, но и позволяющих выявить дефект конкретной части электрооборудования. К тому же методы функциональной диагностики экономически наиболее предпочтительны, так как не требуют даже временного вывода электрооборудования из эксплуатации.

Разрабатываемый комплекс должен быть мобильным и осуществлять диагностику без непосредственного доступа к электрооборудованию. Программа, выполняемая на компьютере, должна, в свою очередь, определенным образом обработать входную информацию и определить наиболее вероятный вид повреждения работающего электропривода или сделать заключение об его исправности. Разрабатываемый метод диагностики электроприводов по электрическим параметрам позволит также хранить на компьютере большие базы данных с информацией об отслеживаемой динамике повреждений электродвигателя с последующим прогнозированием выхода его из строя, а так же использовать искусственные нейронные сети, нечеткую логику и экспертные системы.

#### **Используемое оборудование и программное обеспечение**

При разработке системы диагностики планируется использовать: среду графического программирования – LabVIEW 8.5; модульную систему сбора данных NI CompactDAQ, а именно модули С – серии NI 9206, NI 9211, NI 9233.

Описание решения.

Возможность создания системы диагностики электроприводов переменного тока основана на том, что любые неисправности

электрических машин и механизмов, сопряженных с ними, в конечном итоге приводят к возникновению электромагнитной несимметрии поля в зазоре машины, а, следовательно, к изменению спектрального состава токов и напряжений. Также в качестве критерия для оценки энергетических процессов в реальной машине, обладающей неравномерным полем в воздушном зазоре и, как следствие, имеющей полигармонический состав спектра токов и напряжений, используют сравнение величины потерь мощности на характерных для определенных повреждений частот с эталонными сигналами, полученными на исправном агрегате. Таким образом, анализируя форму графика сигнала тока и мощности на определенном периоде времени можно обнаружить повреждение в электромеханической части электродвигателя и распознать его вид.

Разрабатываемый измерительный комплекс содержит следующие оборудования. 5 – датчик тока; 6 – датчик напряжения; 7 – фильтр низких частот; 8 – устройство сбора данных; 9 – портативный компьютер. Также на рис.1 изображены: 1 – статический силовой преобразователь; 2 – электрический двигатель; 3 – механический преобразователь; 4 – рабочий орган.

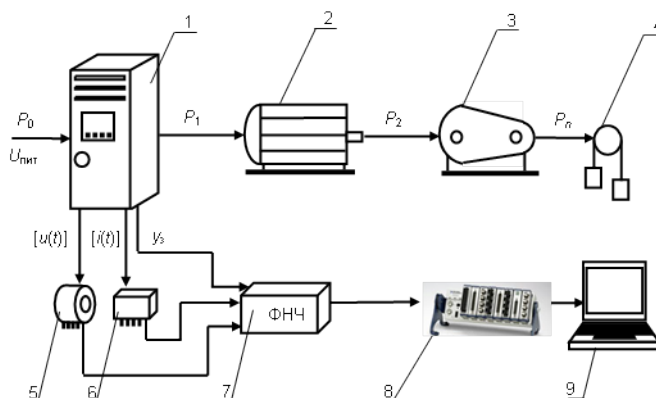


Рисунок 1 - Структурная схема диагностического комплекса

Работа комплекса диагностики и оценки остаточного ресурса электроприводов переменного тока реализуется следующим образом. На вход статического силового преобразователя 1 из питающей сети поступает мощность  $P_0$ , преобразователь осуществляет в соответствии с введенным в него заданием  $y_3$  управление координатами скорости, момента и положения электродвигателя 2. С выхода преобразователя 1 сигнал мощности  $P_1$  поступает на вход электродвигателя 2, в котором

после преобразования мощность на выходе будет равна  $P_2$ . Сигнал мощности  $P_2$  поступает на вход механического преобразователя 3, с выхода которого мощность  $P_n$  поступает на рабочий орган 4. Сигнал трехфазного напряжения  $[u(t)]$  и трехфазного тока  $[i(t)]$  с преобразователя 1 поступают на датчики тока 5 и напряжения 6, аналоговый сигнал с датчиков 5 и 6 поступает на вход фильтра низкой частоты 7, также на фильтр 7 от преобразователя 1 поступает сигнал задания  $u_3$ . Отфильтрованные сигналы с выхода 7 поступают на вход устройства сбора данных 8 осуществляющие согласование сигналов и гальваническую развязку, в состав которого входит аналогово-цифровой преобразователь, который преобразует аналоговый сигнал в цифровой и передает его на портативный компьютер (ноутбук) 9. Данные, поступившие на компьютер, вносятся в базу данных и обрабатываются, после чего осуществляется расчет остаточного ресурса электропривода переменного тока.

В связи с необходимостью разработки на базе персонального компьютера программного комплекса диагностики электрооборудования, включающего несколько виртуальных приборов в составе единой аппаратной системы, и допускающего их параллельное использование при реализации планируется использовать оборудование компании National Instruments и среду графического программирования LabVIEW, что позволит создать легко дополняемое программное обеспечение модульного типа, а также осуществлять удаленное управление через сеть Ethernet.

Применение модульной системы сбора данных NI CompactDAQ позволит реализовать измерения с достаточной точностью и быстродействием. Подключение с помощью шины USB к ноутбуку позволит построить мобильную систему способную осуществлять диагностику электроприводов находящихся в труднодоступных местах, без непосредственного доступа к электрооборудованию, так как датчики тока и напряжения подключаются к шкафу управления электроприводом. Модульность данной системы позволит не ограничиваться измерением только электрических величин в случае, когда к диагностируемому оборудованию есть доступ. Применяя различные модули можно расширить диапазон контролируемых параметров, например, дополнительно контролировать температуру и вибрации.

При проектировании программного обеспечения в среде LabVIEW используется блок-схема, изображенная на рис. 2. Модуль сбора данных предназначены для чтения сигналов с измерительных датчиков, а остальные модули выполняют функции обработки, визуализации и регистрации данных.

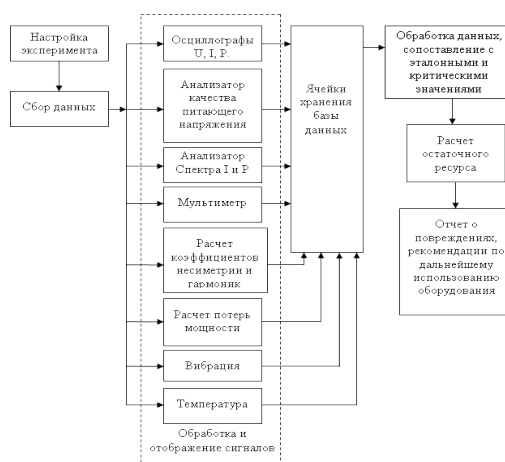


Рисунок 2 - Блок-схема алгоритма программного обеспечения

В блоке настройки эксперимента производится выбор максимального уровня измеряемых сигналов тока и напряжения, ввод номинальных параметров электрооборудования, выбор времени замера. Блок сбора данных осуществляет сбор измеренных сигналов с указанных датчиков и передачу на соответствующие блоки обработки и отображения сигналов. Блок обработки и отображения сигналов содержит следующие составляющие: осциллографы мгновенных значений тока, напряжения и мощности; анализатор качества питающего напряжения; анализатор спектра тока и мощности, который производит преобразование Фурье полученных сигналов; мультиметр отображающий действующие значения мгновенных величин; блок расчета потерь мощности; блок измерения вибраций; блок измерения температуры.

Данные с блока обработки и отображения поступают в ячейки хранения базы данных, в которых хранится информация о предыдущих измерениях, а также эталонные и критические значения сигналов. В следующем блоке происходит обработка данных и сопоставление измеренных значений с эталонными и критическими. После сопоставления информация поступает на блок расчета остаточного ресурса, после чего конечный блок выдает отчет о наличии повреждения в электрооборудовании и рекомендации по его дальнейшему использованию.

Внедрение:

Разрабатываемый комплекс может быть внедрен на предприятиях добычи и переработки нефти, а также на горнодобывающих предприятиях для диагностики электроприводов переменного тока, работающих в сложных условиях, в том числе и когда непосредственный доступ к

диагностируемому оборудованию затруднен или невозможен, например, для приводных двигателей горно-транспортных машин, приводных двигателей скважинных погружных насосов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аврамчук В.С., Бацева Н.Л. Функциональный контроль и диагностика электротехнических и электромеханических систем и устройств по цифровым отсчетам мгновенных значений тока и напряжения. - Томск, 2003.
2. Корпоративный сайт National Instruments <http://www.ni.com>.

УДК 621.396.62.001.5

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУММАРНО-РАЗНОСТНОГО МЕТОДА ПЕРЕДАЧИ И ПОЛЯРНОЙ МОДУЛЯЦИИ ДЛЯ СТЕРЕОФОНИЧЕСКОГО ВЕЩАНИЯ

Г.С. Казиева, А.Д. Мухамеджанова

АИЭС, Алматы

*Стерефондық хабарлар үшін полярлы-модуляциялық және таратудың суммарлы-таратушы әдісі қолданылған. Зерттеулер нәтижесі көрсеткендей аппаратураны дұрыс жобалау үшін стерефондық хабарлау кезінде суммарлық және таратушы сигналдардың қасиеттері туралы мәліметтер болуы керек.*

*We consider the use of sum-difference method of transmission and polar modulation for stereo broadcasting. Studies have shown that, for the proper design of equipment it is necessary to have data on the properties of the sum and difference signals in stereo broadcasting.*

Развитие радиовещания в Республике Казахстан позволило многим радиостанциям работать в стереофоническом режиме, где можно обеспечить наиболее высокие качественные параметры вещание в целом.

В России и многих странах СНГ а также в ряде стран Восточной Европы для передачи программ стереофонического радиовещания используется диапазон частот 66-74МГц и 100-108МГц. В Западной Европе 88-104МГц, в Японии 76-88МГц и наконец в США -108МГц.

Целью наших исследований является рассмотрение вопросов использования суммарно-разностного метода передачи и полярной модуляции для стереофонического вещания.

Задача двухканального стереофонического вещания сводится к одновременной передаче двух информационных вместо одной при обычном монофоническом радиовещании. Одна информация (канал А) соответствует левому, а другая (канал В) – правому стереофоническому каналу.

Система стереофонического вещания не является двухканальной в полном смысле этого слова. В отличие от двухпрограммных систем, в которых информации, передаваемые по каналам, практически независимы друг от друга, при стереофоническом вещании информации от левого



и правого каналов коррелированы. Это является следствием того, что микрофоны, воспроизводящие левую и правую сторону звуковой картины, частично воспринимают все звуковое поле так же, как, допустим, левое ухо человека слышит не только звуки, приходящие с левой стороны. В результате информации в каналах А и В при стереофонической звукопередаче оказываются тесно связанными. Учитывая связь информации в каналах А и В, а также свойства человеческого слуха, в стереофонических системах требования к переходным помехам между каналами значительно ниже, чем в системах двухпрограммного вещания. Это облегчает проектирование подобных систем.

С другой стороны, как уже было отмечено, к системам стереофонического вещания предъявляются достаточно жесткие требования в отношении фазовых сдвигов между передаваемыми сигналами, что значительно усложняет систему по сравнению с передачей двух независимых сигналов.

Работы в области стереофонического радиовещания широко развернулись в 50-х годах прошлого века.

Наиболее простой и очевидный метод передачи стереофонического сигнала при двухканальной стереофонии – передача по одному каналу левого сигнала А, а по другому - правого сигнала В [1]. Однако если при моноприеме будет принят сигнал одного канала, то не обеспечивается совместимость стереофонической передачи с монофоническим приемом. Какой бы канал ни был принят на моноприемник, сигнал окажется неполноценным, так как будет принята информация только с одной стороны сцены.

Выход из положения заключается в использовании суммарно-разностного метода передачи стереофонического сигнала. При использовании этого метода производится сложение и вычитание сигналов А и В, т.е. образуются сигналы А+В и А-В. После этого по одному каналу передается сигнал  $M = A + B$ , а по другому – сигнал  $S = A - B$ . В этом случае можно передать сигнал М, так чтобы именно его принял слушатель, имеющий монофоническую аппаратуру. Этот сигнал является сбалансированным, т.е. полноценным моносигналом. При этом речь идет, конечно, о технической совместимости.

Для обеспечения совместимости можно, например, непосредственно модулировать несущую частоту передатчика сигналом М и одновременно передать с помощью поднесущей частоты сигнал S. Радиослушатель, имеющий обычный радиоприемник, примет только тональную часть спектра, модулирующих частот, т.е. сигнал М. Слушатель, имеющий стереофонический приемник, сможет принять сигналы М и S. После этого

сигналы А и В могут быть разделены с помощью суммарно-разностного преобразования по формулам:

$$\begin{aligned} M + S &= 2A \\ M - S &= 2B \end{aligned}$$

Суммарно-разностный метод передачи стереофонического сигнала лежит в основе всех систем стереофонического радиовещания, находящихся в настоящее время в эксплуатации. Однако при использовании суммарно-разностного метода предъявляются весьма серьезные требования к идентичности амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик каналов, передающих сигналы М и S, а также к стабильности их коэффициента передачи. Стереофоническая передачи может быть принята без обратного суммарно-разностного преобразования с помощью полярного детектора.

Существенно то, что из-за отсутствия отдельной передачи и приема суммарной и разностной составляющих можно, в принципе, избежать погрешности суммарно-разностного метода, рассмотренного выше. Нужно лишь чтобы в диапазоне спектра ПМ колебаний амплитудно-частотная характеристика тракта была горизонтальной, а фазо-частотная характеристика - линейной. Частотные характеристики тракта, если они отрегулированы нужным образом, остаются в период эксплуатации достаточно стабильными. Если бы сигналы М и S передавались по различным трактам, то всегда существовало бы возможность изменения коэффициента передачи в одном из трактов и, следовательно, появление переходных искажений.

Первые опыты стереофонического вещания на поднесущей частоте 40кГц проводились в 1958г [2]. Однако сразу же выяснилось, что полоса пропускания существующих передатчиков недостаточна для неискаженного пропускания столь широкого спектра частот. Тогда решено было снизить величину поднесущей частоты до 31,25кГц. Это величина была выбрана не случайно. Она является второй гармоникой частоты строк телевизионного изображения. Возможность синхронизации с телевизионным изображением должна в дальнейшем облегчить введение стереофонического звучания в телевидении.

Таким образом, для неискаженного воспроизведения стереофонической радиопередачи должно выполняться два условия:

- одинаковая добротность контуров на передающей и приемной сторонах;
- одно и то же отношение резонансного сопротивления контура к включенному последовательно с ним активному сопротивлению:

Естественно, что настройка контуров подавления и восстановления на поднесущую частоту должна быть достаточно точной.

Величина подавления должна быть выбрана так, чтобы с одной стороны, остаток поднесущей частоты не создавал значительной доли девиации частоты передатчика и, с другой стороны был достаточен для восстановления поднесущей частоты на стороне приема. Для определения вероятного спектра стереофонической радиопередачи и для правильного проектирования аппаратуры необходимо иметь данные о свойствах суммарного и разностного сигналов при стереофоническом вещании и, главным образом, о том, какую вероятную долю в общем стереосигнале составляет разностный радиосигнал  $S$ , часто называемый «сигналом стереоинформации».

Таким образом, в работе рассмотрены использование суммарно-разностного метода передачи и полярной модуляции для стереофонического вещания. Исследования показали что, для правильного проектирования аппаратуры необходимо иметь данные о свойствах суммарного и разностного сигналов при стереофоническом вещании.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. - «Высшая школа», 1992.
2. Связь. 1984.

УДК 621.1:532.533

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ МЕТОД ВЫВОДА УРАВНЕНИЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОТОКА

В.В. Рындин

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

*Ортаның элементін ауыстырушылық мен деформация бойынша кеңістіктік және үстінгі күштерді жұмыстарын есептеу берілді. Кейін осы жұмыстар есебінен реттелген, ретсіз және абсолюттік орта жылжымалы элементтің микробөлшектерін қозғалыс тиісті түрлері үшін баланстық энергияның теңдеулері алынды. Ағында жасалған жұмыстардың түрі бойынша энергия теңдеулеріне кіретін шамалар айқындаусыз өткізіледі.*

*The calculation of works of spatial and surface forces on strain and movement of an element of medium is given and then in view of these works the balance equations of energy for the corresponding types of motion of micro particles of a moving element of medium - chaotic, ranked and terrain clearance are received. The definition of various magnitudes belonging to equations of the energy is held by correlation of theirs with the corresponding aspects of works.*

Введение. В термодинамике уравнение первого закона термодинамики принято записывать в двух видах через работы  $p d\delta$  и  $(-\delta dp)$ :

$$\delta q = du + \delta w = du + p d\delta, \quad \delta q = dh - \delta w^p = dh - \delta dp. \quad (1)$$

Если смысл и наименование работы  $p d\delta$  (изменения объёма) более или менее однозначны, то работа  $(-\delta dp)$  имеет различные наименования (располагаемая, техническая, полезная, работа потока и др.) и смысл её в учебниках трактуется по-разному, что создаёт определённые трудности при изучении термодинамики.

Аналогичные трудности возникают и в механике жидкости и газа (МЖГ) при трактовке величин, входящих в уравнения энергии. Например, при записи уравнений энергии в виде

$$\rho \frac{d}{dt} \frac{c^2}{2} = \rho \vec{f} \cdot \vec{c} + \text{div}(P\vec{c}) + N_{in}; \quad (2)$$

$$\rho \frac{du}{dt} = \rho \dot{q}^e - N_{in} = \rho \dot{q}^e - p \text{div} \vec{c} + N_{дис}; \quad (3)$$

под величинами  $N_{in}$  и  $N_{дис}$  понимаются соответственно «отнесённая к единице объёма мощность внутренних сил» и «диссипируемая мощность, т. е. необратимая мощность внутренних сил с обратным знаком» [1]. Такие определения не позволяют понять смысл вводимых величин, так как не конкретизируют виды работ, из которых выводятся соответствующие мощности. Критический анализ этих и других уравнений энергии для потока и величин, входящих в эти уравнения, даётся в работе [2]. Уточнению смысла и наименований как величин, входящих в уравнения энергии, так и самих уравнений посвящена данная работа.

Основная часть. В связи с изложенными трудностями, обусловленными использованием гидромеханического метода, в основе которого лежит понятие мощности, ниже даётся термодинамический метод вывода уравнений энергии, когда вначале определяются все виды работ, а затем записываются балансовые соотношения для соответствующих видов энергии (внутренней, кинетической и полной), характеризующих соответствующие виды движения микрочастиц системы – хаотическое, упорядоченное, абсолютное (ХД, УД, АД).

Для расчёта работ необходимо знать силы, действующие на выделенный элемент подвижной среды. Все силы условно разделяют на пространственные (объёмные, или массовые)  $\vec{F}_{прос}$ , действующие на всё вещество внутри выделенного пространства, и поверхностные  $\vec{F}_{пов}$ , действующие на поверхности (в тонком слое) выделенного тела. Пространственные силы (тяжести, инерции, электромагнитных полей и др.) характеризуются удельными силами  $\vec{f} = \delta\vec{F}/\delta m$ . К пространственным можно также отнести и так называемые *технические* силы, которые возникают при взаимодействии потока с лопатками турбины или компрессора; эти силы направлением в пространстве не конкретизируются, а работа этих сил определяется из самих уравнений энергии или моментов импульса. Поверхностные же силы (силы давления, силы внутреннего трения) характеризуются своим *напряжением*, определяемым как предел отношения поверхностной силы, действующей на площадке, к площади этой площадки при устремлении последней к нулю.

Векторы напряжений поверхностных сил, действующих на площадках, перпендикулярных осям координат, могут быть представлены в таком виде [1]

$$\left. \begin{aligned} \vec{p}_x &= p_{xx}\vec{i} + p_{xy}\vec{j} + p_{xz}\vec{k} = -p\vec{i} + \vec{p}'_x; \\ \vec{p}_y &= p_{yx}\vec{i} + p_{yy}\vec{j} + p_{yz}\vec{k} = -p\vec{j} + \vec{p}'_y; \\ \vec{p}_z &= p_{zx}\vec{i} + p_{zy}\vec{j} + p_{zz}\vec{k} = -p\vec{k} + \vec{p}'_z. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Из (4) следует очевидное соотношение

$$\frac{\partial \vec{p}_x}{\partial x} + \frac{\partial \vec{p}_y}{\partial y} + \frac{\partial \vec{p}_z}{\partial z} = -\text{grad } p + \frac{\partial \vec{p}'_x}{\partial x} + \frac{\partial \vec{p}'_y}{\partial y} + \frac{\partial \vec{p}'_z}{\partial z}. \quad (5)$$

Девять проекций напряжений в (4) образуют тензор  $P$  с компонентами  $P_{ij}$  (где  $i=1,2,3$  или  $x, y, z$ ;  $j=1,2,3$ , или  $x,y,z$ ).

Связь компонент тензора напряжений  $p_j$  с давлением и скоростями деформаций устанавливается обобщённым законом Ньютона [1]

$$p_{ij} = p_{ji} = -p\delta_{ij} + p'_{ij} = -p\delta_{ij} + (\mu' - \frac{2}{3}\mu)\delta_{ij} \text{ div } \vec{c} + \mu(\partial c_i/\partial x_j + \partial c_j/\partial x_i), \quad (6)$$

$$\text{Где } \left. \begin{aligned} p'_{ji} &= (\mu' - \frac{2}{3}\mu) \text{ div } \vec{c} + 2\mu(\partial c_i/\partial x_j) \text{ при } j=i, \\ p'_{ji} &= p_{ji} = \mu(\partial c_i/\partial x_j + \partial c_j/\partial x_i) \text{ при } j \neq i, \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

– компоненты (вязкостные) тензора напряжений, обусловленные вязкостью;  $\sigma_{ij}=1$ – символ Кронекера, определяемый условиями:  $\sigma_{ij}=1$  при  $i=j$  и  $\sigma_{ij}=0$  при  $i \neq j$ ;

$\mu'$  – вторая вязкость, которая проявляется только при быстром изменении объёма, например, при взрывах, прохождении газа сквозь скачок уплотнения и др.

В выражениях (4) и (6), как и далее, под гидродинамическим давлением  $p$ , отождествляемым с термодинамическим давлением, понимается среднее арифметическое значение  $\bar{\sigma}$  нормальных напряжений на три взаимно-перпендикулярные площадки, взятое с обратным знаком<sup>1</sup>

$$p \equiv p_{\text{гид}} = -(p_{xx} + p_{yy} + p_{zz})/3 = -\bar{\sigma}.$$

Работа сил давления по перемещению элемента среды как целого. Выражение для этой работы легко получить в случае рассмотрения одномерного нестационарного потока. Выделим в канале (рис. 1) элемент потока толщиной  $\delta x$  и площадью поперечного сечения  $A$ . Если в сечении  $x$  действует давление  $p$ , то в сечении  $x + \delta x$  будет действовать давление  $p + \frac{\partial p}{\partial x}\delta x$ .

<sup>1</sup> В результате такого введения давления в выражениях для компонент напряжений появляется до-

бавочный член  $(2/3)\mu \text{ div } \vec{c}$ , а в выражении для расчёта изменения энтропии отрицательный член

$(-2/3)\mu(\text{div } \vec{c})^2$ , уменьшающий энтропию (последнее противоречит второму закону термодинамики).

Исключить отрицательный член в формуле для расчёта изменения энтропии при диссипации позволяет введение давления по формуле  $p = p_{\text{тер}} = -\bar{\sigma} + (2/3)\mu \text{ div } \vec{c}$  [3].

Тогда проекция результирующей сил давления на ось  $x$ , приложенная в центре инерции элемента потока, определится выражением

$$\delta F_{\text{рез},x} = pA - \left(p + \frac{\partial p}{\partial x} \delta x\right) A = -\frac{\partial p}{\partial x} \delta x A = -\frac{\partial p}{\partial x} \delta V,$$

а составляющая вектора этой силы в направлении оси  $x$  будет равна  $-\frac{\partial p}{\partial x} \delta V \vec{i}$ .

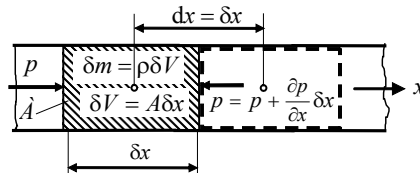


Рисунок 1 – К расчёту работы перемещения сил давления

В случае трёхмерного течения вектор результирующей сил давления, действующих на всю поверхность элемента потока, определится выражением

$$\delta \vec{F}_{\text{рез}} = -\left(\frac{\partial p}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial p}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial p}{\partial z} \vec{k}\right) \delta V \equiv -\text{grad } p \delta V.$$

В случае пространственного нестационарного течения *внешняя*<sup>2</sup> работа результирующей внешних сил давления (работа перемещения) будет равна

$$\begin{aligned} \delta^2 W'_{\text{дав.пер}} &= \delta \vec{F}_{\text{рез}} \cdot d\vec{s} = -\text{grad } p \cdot d\vec{s} \delta V = \\ &= -\left(\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz\right) \delta V \equiv -\partial p_{\text{конв}} \delta V = -v \partial p_{\text{конв}} \delta m, \end{aligned} \quad (8)$$

где  $\delta = \delta V / \delta m$  – удельный объём жидкой среды;  $d\vec{s} = \vec{i} dx + \vec{j} dy + \vec{k} dz = \vec{c} dt$  – вектор элементарного перемещения центра инерции элемента среды.

Здесь символом  $\partial p_{\text{конв}}$  обозначено конвективное приращение давления, обусловленное приращением координат,

$$\partial p_{\text{конв}} = \frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz \equiv \text{grad } p \cdot d\vec{s} \equiv \text{grad } p \cdot \vec{c} dt.$$

Конвективное приращение входит в состав полного приращения давления

$$dp = \frac{\partial p}{\partial t} dt + \frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz = \partial p_{\text{лок}} + \partial p_{\text{конв}},$$

<sup>2</sup> Знак *внешней работы* совпадает со знаком изменения энергии системы:  $\delta W' = dE$ .

где  $\partial p_{\text{лок}} = \frac{\partial p}{\partial t} dt$  – локальное приращение давления, обусловленное переменностью (нестационарностью) поля давления.

Полная работа сил давления в потоке. В общем случае элемент потока в форме параллелепипеда (рис. 2) под действием сил давления не только перемещается в пространстве, но и деформируется. Поэтому при определении полной работы сил давления нужно учесть то обстоятельство, что противоположные грани параллелепипеда перемещаются на различные расстояния, отличающиеся на длину деформации его рёбер:  $d(\sigma_x)$ ,  $d(\sigma_y)$  и  $d(\sigma_z)$  (см. рис. 2).

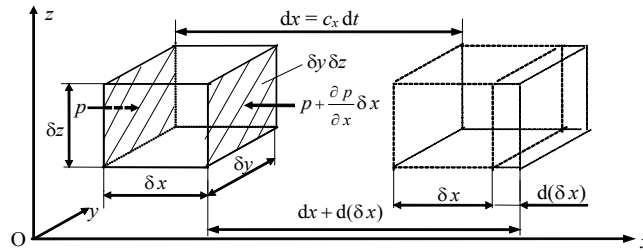


Рисунок 2 – К расчёту работ деформации и перемещения сил давления

Так, если под действием сил давления  $p \delta y \delta z$ , действующих на левую грань параллелепипеда, она перемещается на расстояние  $dx$  и при этом совершается работа  $p \delta y \delta z dx$ , то под действием сил давления  $(p + \frac{\partial p}{\partial x} \delta x) \delta y \delta z$ , действующих в тот же момент времени на правую грань, последняя перемещается на  $dx + d(\delta x)$  и при этом совершается работа  $-(p + \frac{\partial p}{\partial x} \delta x) \delta y \delta z [dx + d(\delta x)]$  (минус, так как сила и перемещение имеют противоположные направления).

Тогда полная работа сил давления в направлении оси  $x$  будет равна сумме этих работ  $\delta^2 W'_{\text{дав},x} = p \delta y \delta z dx - (p + \frac{\partial p}{\partial x} \delta x) [dx + d(\delta x)] \delta y \delta z$ .

Раскрывая произведение и пренебрегая величиной высшего порядка малости  $(-\frac{\partial p}{\partial x} d(\delta x) \delta V)$ , а также учитывая, что  $d(\delta V)_x = \delta y \delta z d(\delta x)$ , получим

$$\delta^2 W'_{\text{дав},x} = -p d(\delta V)_x - \frac{\partial p}{\partial x} dx \delta V$$

С учётом работ в других направлениях работа сил давления определится так

$$\begin{aligned} \delta^2 W'_{\text{дав}} &= -p d(\delta V) - (\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz) \delta V = -p dv - v \partial p_{\text{конв}} \delta m = \\ &= \delta^2 W'_{\text{дав,деф}} + \delta^2 W'_{\text{дав,пер}} = -p \operatorname{div} \vec{c} dt \delta V - \operatorname{grad} p \cdot \vec{c} dt \delta V \equiv -\operatorname{div}(p \vec{c}) dt \delta V. \end{aligned} \quad (9)$$

Здесь сделаны такие замены:  $\delta V / \delta m = v = 1/\rho$ ,  $d(\delta V) / \delta m = d(\delta V / \delta m) = dv$ ,



$\operatorname{div} \vec{c} = \rho \, d v / dt$  – из уравнения неразрывности

$$\rho \, d t + \rho \operatorname{div} \vec{c} = d(1/v) / dt + \rho \operatorname{div} \vec{c} = 0.$$

Если все члены уравнения (9) разделить на массу  $\delta m$ , то получим выражение для удельных работ сил давления в случае нестационарного течения

$$\begin{aligned} \delta w'_{\text{дав}} &= \delta w'_{\text{дав.деф}} + \delta w'_{\text{дав.пер}} = -p \, d v - v \, \delta p_{\text{конв}} = \\ &= -p \, d v - v \left( \frac{\partial p}{\partial x} d x + \frac{\partial p}{\partial y} d y + \frac{\partial p}{\partial z} d z \right) = -d(p v) + v \frac{\partial p}{\partial t} d t. \end{aligned} \quad (10)$$

Таким образом, полная (суммарная) работа внешних сил давления складывается из внешних работ деформации элемента среды (работы изменения объёма) и его перемещения как целого (работы перемещения). Следовательно, более общей работой является полная работа сил давления, а не работа изменения объёма, как часто считают в термодинамике.

В случае стационарного (установившегося) течения изменение давления в элементе среды при его перемещении из одного сечения канала в другое происходит только в результате приращения координат и (10) принимает такой вид:

$$\begin{aligned} \delta w'_{\text{дав.стац}} &= \delta w'_{\text{дав.деф}} + \delta w'_{\text{дав.пер}} = \\ &= -p \, d v - v \left( \frac{\partial p}{\partial x} d x + \frac{\partial p}{\partial y} d y + \frac{\partial p}{\partial z} d z \right) = -(p \, d v + v \, d p) = -d(p v) = -\delta w_{\text{прот}}, \end{aligned}$$

В случае стационарного течения ( $\partial p_{\text{лок}} = 0$ ) полную работу внутренних сил (внутреннюю работу<sup>3</sup>) давления (получаемую в термодинамике при рассмотрении открытых систем), равную работе внешних (со штрихом) сил давления, взятой с противоположным знаком, принято называть удельной работой проталкивания [4]

$$\delta w_{\text{прот}} = \delta w_{\text{дав.стац}} = -\delta w'_{\text{дав.стац}} = \delta w_{\text{дав.деф}} + \delta w_{\text{дав.пер}} = p \, d v + v \, d p = d(p v).$$

Полная работа вязкостных сил. В общем случае элемент потока в форме параллелепипеда под действием вязкостных сил не только перемещается в пространстве, но и деформируется (рис. 3). При этом происходит не только деформация рёбер параллелепипеда, но и смещение его граней друг относительно друга (угловая деформация, или искажения прямого угла).

<sup>3</sup> Знак внутренней работы противоположен знаку изменения энергии системы  $\delta W = -\delta W' = -dE$ .

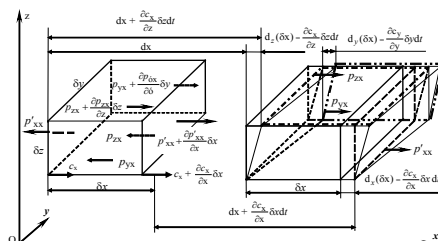


Рисунок 3 – К расчёту работ деформации и перемещения сил вязкости

Определим полную работу вязкостных сил с напряжениями  $p'_{ij}$  (7) подобно тому, как была определена полная работа сил давления. Работа вязкостных сил в направлении оси  $x$  (величиной высшего порядка малости пренебрегаем)

$$\begin{aligned} \delta^2 W'_{\text{вяз},x} = & -p'_{xx} \delta y \delta z dx + (p'_{xx} + \frac{\partial p'_{xx}}{\partial x} \delta x) \delta y \delta z (dx + \frac{\partial c_x}{\partial x} \delta x dt) - p_{yx} \delta x \delta z dx + \\ & + (p_{yx} + \frac{\partial p_{yx}}{\partial y} \delta y) \delta x \delta z (dx + \frac{\partial c_x}{\partial y} \delta y dt) - p_{zx} \delta x \delta y dx + (p_{zx} + \frac{\partial p_{zx}}{\partial z} \delta z) \delta x \delta y (dx + \\ & + \frac{\partial c_x}{\partial z} \delta z dt) = (\frac{\partial p'_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zx}}{\partial z}) \delta V dx + (p'_{xx} \frac{\partial c_x}{\partial x} + p_{yx} \frac{\partial c_x}{\partial y} + p_{zx} \frac{\partial c_x}{\partial z}) \delta V dt \end{aligned} \quad (11)$$

Первый трёхчлен, включающий проекцию результирующей сил вязкости на ось  $x$   $\delta F_{\text{рез.вяз},x} = (\frac{\partial p'_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zx}}{\partial z}) \delta V = (\frac{\partial p'_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial p'_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial p'_{zx}}{\partial z})_x \delta V$ ,

выражает работу вязкостных сил по перемещению центра инерции элемента среды на расстояние  $dx = c_x dt$

$$\delta^2 W'_{\text{вяз.пер},x} = \delta F_{\text{рез.вяз},x} dx = (\frac{\partial p'_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zx}}{\partial z}) \delta V dx = \frac{\partial p'_{jk}}{\partial x_j} \delta V dx$$

Подставляя вместо напряжений  $p'_{ij}$  их выражения через скорости деформаций (7) для  $i = x$  и  $j = x, y, z$  и считая динамическую вязкость  $\mu$  постоянной, получим

$$\begin{aligned} \delta^2 W'_{\text{вяз.пер},x} = & [(\mu' - \frac{2}{3}\mu) \frac{\partial \text{div} \vec{c}}{\partial x} + 2\mu \frac{\partial^2 c_x}{\partial x^2} + \mu (\frac{\partial^2 c_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c_y}{\partial x \partial y}) + \mu (\frac{\partial^2 c_z}{\partial x \partial z} + \frac{\partial^2 c_x}{\partial z^2})] \delta V dx = \\ = & [\mu (\frac{\partial^2 c_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c_x}{\partial z^2}) + \mu \frac{\partial}{\partial x} (\frac{\partial c_x}{\partial x} + \frac{\partial c_y}{\partial y} + \frac{\partial c_z}{\partial z}) + (\mu' - \frac{2}{3}\mu) \frac{\partial \text{div} \vec{c}}{\partial x}] \delta V dx = \\ = & [\mu \Delta c_x + (\mu' + \frac{1}{3}\mu) \frac{\partial \text{div} \vec{c}}{\partial x}] \delta V dx = (\frac{\partial p'_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial p'_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial p'_{zx}}{\partial z})_x \delta V dx \end{aligned}$$

С учётом двух других направлений работа вязкостных сил по перемещению элемента среды как целого определится выражением

$$\delta^2 W'_{\text{вяз.пер}} = (\frac{\partial p'_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial p'_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial p'_{zz}}{\partial z}) \cdot d\vec{s} \delta V = [\mu \Delta \vec{c} + (\mu' + \frac{1}{3}\mu) \text{grad div} \vec{c}] \cdot d\vec{s} \delta V, \quad (12)$$

где  $(\frac{\partial \vec{p}'_x}{\partial x} + \frac{\partial \vec{p}'_y}{\partial y} + \frac{\partial \vec{p}'_z}{\partial z})\delta V = \delta \vec{F}'_{\text{рез.вяз}}$  – вектор результирующей сил вязкости по перемещению элемента среды как целого (по перемещению его центра инерции).

В общем случае для отдельной макрочастицы (жидкой частицы) эта работа может иметь любой знак, т. е. отдельная макрочастица может ускоряться соседними жидкими частицами (слоями жидкости) или замедляться. Однако в случае рассмотрения подвижного элемента среды, соприкасающегося со стенками канала, всегда происходит торможение его силами вязкости, т. е. работа внешних сил вязкости отрицательна  $(\frac{\partial \vec{p}'_x}{\partial x} + \frac{\partial \vec{p}'_y}{\partial y} + \frac{\partial \vec{p}'_z}{\partial z})\delta V = \delta \vec{F}'_{\text{рез.вяз}}$ .

Второй трёхчлен в (11) представляет собой сумму работ вязкостных сил (работу деформации) по относительному перемещению граней параллелепипеда вследствие разности их скоростей на  $dx$  ( $\delta x$ ),  $dy$  ( $\delta y$ ) и  $dz$  ( $\delta z$ ) (см. рис. 3).

$$\begin{aligned} \delta^2 W'_{\text{вяз.деф.}} &= p'_{xx} \delta y \delta z d_x(\delta x) + p'_{yx} \delta x \delta z d_y(\delta x) + p'_{zx} \delta x \delta y d_z(\delta x) = \\ &= (p'_{xx} \frac{\partial c_x}{\partial x} + p'_{yx} \frac{\partial c_x}{\partial y} + p'_{zx} \frac{\partial c_x}{\partial z}) \delta V dt \equiv p'_{jx} \frac{\partial c_x}{\partial x_j} \delta V dt. \end{aligned}$$

Подставляя вместо напряжений  $p'_{ji}$  их выражения через скорости деформаций (7) и принимая вязкость не зависящей от координат ( $\partial \mu / \partial x_j = 0$ ), получим

$$\delta^2 W'_{\text{вяз.деф.}} = [(\mu' - \frac{2}{3} \mu) \text{div} \vec{c} \frac{\partial c_x}{\partial x} + 2\mu (\frac{\partial c_x}{\partial x})^2 + \mu (\frac{\partial c_y}{\partial x} + \frac{\partial c_x}{\partial y}) \frac{\partial c_x}{\partial y} + \mu (\frac{\partial c_z}{\partial x} + \frac{\partial c_x}{\partial z}) \frac{\partial c_x}{\partial z}] \delta V dt.$$

С учётом двух других направлений выражение для работы вязкостных сил по деформации элемента среды примет вид

$$\begin{aligned} \delta^2 W'_{\text{вяз.деф.}} &= p'_{ji} \frac{\partial c_i}{\partial x_j} \delta V dt = \{ (\mu' - \frac{2}{3} \mu) (\text{div} \vec{c})^2 + 2\mu [(\frac{\partial c_x}{\partial x})^2 + (\frac{\partial c_y}{\partial y})^2 + (\frac{\partial c_z}{\partial z})^2] + \\ &+ \mu (\frac{\partial c_x}{\partial y} + \frac{\partial c_y}{\partial x})^2 + \mu (\frac{\partial c_y}{\partial z} + \frac{\partial c_z}{\partial y})^2 + \mu (\frac{\partial c_z}{\partial x} + \frac{\partial c_x}{\partial z})^2 \} \delta V dt = \mu D \delta V dt. \end{aligned} \quad (13)$$

где  $D$  (отношение выражения в фигурных скобках к динамической вязкости  $\mu$ ) называется *диссипативной функцией* (функцией диссипации, рассеяния).

Работа сил вязкости при деформации элемента вызывает изменение энергии хаотического (теплового) движения, т. е. приводит к росту внутренней энергии данного элемента среды. Следовательно, внешняя работа сил вязкости по деформации элемента всегда положительна  $\delta^2 W'_{\text{вяз.деф.}} = \mu D \delta V dt > 0$ .

Полная работа вязкостных сил с учётом (12) и (13) примет вид

$$\delta^2 W'_{\text{вяз}} = \delta^2 W'_{\text{вяз.пер}} + \delta^2 W'_{\text{вяз.деф}} = \left[ \mu \Delta \vec{c} + \left( \mu' + \frac{1}{3} \mu \right) \text{grad div } \vec{c} \right] \cdot d\vec{s} \delta V + \mu D \delta V dt. \quad (14)$$

Классификация уравнений энергии в зависимости от вида движения микрочастиц системы. В общем случае в потоке абсолютное движение микрочастиц вещества относительно неподвижных стенок канала можно представить в виде суммы хаотического (относительного) движения относительно подвижного их центра инерции и упорядоченного (направленного) движения этих частиц относительно системы координат, связанной с неподвижными стенками канала (переносного движения центра инерции системы).

Согласно закону сохранения энергии изменение энергии системы  $dE$  складывается из суммы *внешней* (индекс «e») теплоты  $\delta Q^e$  и внешних (штрих) работ  $\delta W'_i$  (знак внешних работ, как уже отмечалось, совпадает со знаком  $dE$ )

$$dE = \delta Q^e + \sum_{i=1}^N \delta W'_i \quad (15)$$

Учитывая независимость отдельных видов движения (хаотического, упорядоченного и абсолютного) для каждого из них, исходя из общего балансового уравнения изменения энергии системы (15), можно получить частные выражения – частные балансовые соотношения для изменений соответствующих энергий – внутренней; кинетической и полной.

Уравнение энергии для УД элемента среды как целого. В случае рассмотрения только одного УД под энергией  $E$  в (15) следует понимать кинетическую энергию (КЭ) малого элемента среды  $\delta E_k$ , изменение которой происходит только за счёт совершения работ по *перемещению* элемента среды как целого (при совершении работы деформации и в процессе теплообмена энергия УД не изменяется, т. е. теплота в (15) опускается и работа деформации не рассматривается).

Подставляя (8) и (12) в правую часть (15) с учётом (5), получим уравнение изменения кинетической энергии малого элемента среды в таком виде:

$$\begin{aligned} d(\delta E_k) &= \delta m d\vec{c}^2/2 = \delta^2 W'_{\text{прос}} + \delta^2 W'_{\text{пов.пер}} = \delta^2 W'_{\text{прос}} + \delta^2 W'_{\text{дав.пер}} + \delta^2 W'_{\text{вяз.пер}} = \\ &= \delta m \vec{f} \cdot d\vec{s} - \nu \partial p_{\text{конв}} \delta m + \left[ \mu \Delta \vec{c} + \left( \mu' + \frac{1}{3} \mu \right) \text{grad div } \vec{c} \right] \cdot d\vec{s} \delta V = \delta m \vec{f} \cdot d\vec{s} - \\ &- \text{grad } p d\vec{s} \delta V + \left( \frac{\partial \vec{p}'_x}{\partial x} + \frac{\partial \vec{p}'_y}{\partial y} + \frac{\partial \vec{p}'_z}{\partial z} \right) \cdot d\vec{s} \delta V \equiv \delta m \vec{f} \cdot d\vec{s} + \delta \vec{F}_{\text{рез.пов}} d\vec{s}, \end{aligned} \quad (16)$$

Здесь вектор результирующей поверхностных сил по перемещению элемента среды как целого определяется по формуле (формула в таком виде приводится впервые)

$$\delta \vec{F}_{\text{рез.пов}} = \delta \vec{F}_{\text{рез.дав}} + \delta \vec{F}_{\text{рез.вяз}} = -\text{grad } p \delta V + \left( \frac{\partial \vec{p}'_x}{\partial x} + \frac{\partial \vec{p}'_y}{\partial y} + \frac{\partial \vec{p}'_z}{\partial z} \right) \delta V = \left( \frac{\partial \vec{p}_x}{\partial x} + \frac{\partial \vec{p}_y}{\partial y} + \frac{\partial \vec{p}_z}{\partial z} \right) \delta V.$$

Если все члены уравнения (16) разделить на объём  $\delta V$  и время  $dt$ , то получим гидромеханический вид записи уравнения энергии для УД (для скорости изменения объёмной КЭ элемента потока, Вт/м<sup>3</sup>)

$$\rho \frac{d}{dt} \frac{c^2}{2} = N_{\text{итрос}} + N_{\text{итов.пер}} = N_{\text{итрос}} + N_{\text{итав.пер}} + N_{\text{итяз.пер}} = \rho \vec{f} \cdot \vec{c} - \vec{c} \cdot \text{grad } p + \left[ \mu \Delta \vec{c} + \left( \mu' + \frac{1}{3} \mu \right) \text{grad div } \vec{c} \right] \cdot \vec{c} = \rho \vec{f} \cdot \vec{c} + \left( \frac{\partial \vec{p}_x}{\partial x} + \frac{\partial \vec{p}_y}{\partial y} + \frac{\partial \vec{p}_z}{\partial z} \right) \cdot \vec{c}, \quad (17)$$

где  $N_{\text{итрос}} = \rho \vec{f} \cdot \vec{c}$ ,  $N_{\text{итав.пер}} = -\vec{c} \cdot \text{grad } p$  и  $N_{\text{итяз.пер}} = \left( \frac{\partial \vec{p}'_x}{\partial x} + \frac{\partial \vec{p}'_y}{\partial y} + \frac{\partial \vec{p}'_z}{\partial z} \right) \cdot \vec{c}$  – объёмные мощности соответственно пространственных сил и поверхностных сил давления и вязкости по перемещению элемента потока как целого.

Сравнивая уравнения (2) и (17), заключаем, что сумма величин  $\text{div}(P\vec{c}) + N_{\text{ит}} представляет собой объёмную мощность поверхностных сил по перемещению элемента среды как целого  $N_{\text{итов.пер}} = \left( \frac{\partial \vec{p}_x}{\partial x} + \frac{\partial \vec{p}_y}{\partial y} + \frac{\partial \vec{p}_z}{\partial z} \right) \cdot \vec{c}$  (именно эта величина не конкретизируется в теории МЖГ, а рассматривается только сумма  $\text{div}(P\vec{c}) + N_{\text{ит}}$ ).$

Если все члены уравнения (16) разделить на массу  $\delta m$  и ввести выражения для удельных работ силы тяжести  $\delta w'_{\text{тяж}} = \vec{f}'_{\text{тяж}} d\vec{s} = -g dz$  и внутренней (по знаку) технической работы  $\delta w_{\text{тех}} = -\delta w'_{\text{тех}}$ , то получим уравнение энергии для УД (в термодинамике его называют *уравнением энергии в механическом виде*)

$$dc^2/2 = -g dz - v \partial p_{\text{конв}} - \delta w_{\text{тр}} - \delta w_{\text{тех}}, \quad (18)$$

$$\text{или} \quad -v dp = g dz + dc^2/2 + \delta w_{\text{тр}} + \delta w_{\text{тех}} - v \frac{\partial p}{\partial t} dt.$$

где  $\delta w_{\text{тр}} = -\delta w'_{\text{вяз.пер}} = -\frac{1}{\rho} \left[ \mu \Delta \vec{c} + \left( \mu' + \frac{1}{3} \mu \right) \text{grad div } \vec{c} \right] \cdot d\vec{s}$  – внутренняя (по знаку) удельная работа трения, отождествляемая с работой внутренних сил вязкости по перемещению элемента среды как целого.

Уравнение энергии для абсолютного движения. В случае рассмотрения АД, представляющего собой сумму хаотического и упорядоченного движения, под энергией  $E$  в (15) следует понимать полную энергию – сумму внутренней энергии (ВЭ)  $\delta U$  и КЭ  $\delta E_k$ . Поскольку изменение ВЭ происходит в результате подвода тепла и деформации элемента среды, то в правую часть (15), наряду с работами по перемещению элемента,

должны войти и работы по его деформации, а также внешняя теплота. Тогда с учётом (9) и (13) уравнение (15) примет вид

$$\begin{aligned} d(\delta E) = d(\delta U + \delta E_k) = d(u + c^2/2) \delta m = \delta^2 Q^e + \delta^2 W'_{\text{прос}} + \delta^2 W'_{\text{дав.деф}} + \\ + \delta^2 W'_{\text{дав.пер}} + \delta^2 W'_{\text{вяз.пер}} + \delta^2 W'_{\text{вяз.деф}} = \delta q^e \delta m + \vec{f} \cdot d\vec{s} \delta m - p d v \delta m - \\ - v \partial p_{\text{конв}} \delta m + [\mu \Delta \bar{c} + (\mu' + \frac{1}{3} \mu) \text{grad div } \bar{c}] \cdot d\vec{s} \delta V + \mu D \delta V dt. \end{aligned} \quad (19)$$

Разделив все члены этого уравнения на объём  $\delta V$  и время  $dt$  и учитывая (9), получим гидромеханический вид записи уравнения энергии для АД (Вт/м<sup>3</sup>)

$$\begin{aligned} \rho \frac{d}{dt} (u + c^2/2) = \rho \dot{q}^e + N_{\text{прос}} + N_{\text{пов.пер}} + N_{\text{пов.деф}} = \rho \dot{q}^e + \rho \vec{f} \cdot \bar{c} - \bar{c} \cdot \text{grad } p + \\ + [\mu \Delta \bar{c} + (\mu' + \frac{1}{3} \mu) \text{grad div } \bar{c}] \cdot \bar{c} + (-p \text{div } \bar{c} + \mu D) = \rho \dot{q}^e + N_{\text{прос}} + N_{\text{дав}} + \\ + N_{\text{вяз}} = \rho \dot{q}^e + \rho \vec{f} \cdot \bar{c} - \text{div}(p\bar{c}) + [\mu \Delta \bar{c} + (\mu' + \frac{1}{3} \mu) \text{grad div } \bar{c}] \cdot \bar{c} + \mu D, \end{aligned} \quad (20)$$

где  $\dot{q}^e = \delta q^e / dt$  – удельный внешний тепловой поток (массовая плотность суммарного внешнего теплового потока), Вт/кг.

Прибавляя к левой и правой частям уравнения (20) величину  $\rho \frac{d}{dt} (p v) = \frac{dp}{dt} + \rho p \frac{dv}{dt} = \frac{\partial p}{\partial t} + \bar{c} \cdot \text{grad } p + p \text{div } \bar{c} = \frac{\partial p}{\partial t} + \text{div}(p\bar{c})$  и вводя энтальпию  $h = u + p v$ , получим ещё один гидромеханический вид записи уравнения энергии

$$\rho \frac{d}{dt} (h + c^2/2) = \frac{\partial p}{\partial t} + \rho \vec{f} \cdot \bar{c} + [\mu \Delta \bar{c} + (\mu' + \frac{1}{3} \mu) \text{grad div } \bar{c}] \cdot \bar{c} + \mu D + \rho \dot{q}^e.$$

Если все члены уравнения (19) разделить на массу  $\delta m$ , а в качестве работ пространственных сил взять работу силы тяжести и техническую работу, то получим термодинамический вид записи уравнения энергии для АД (Дж/кг)

$$d(u + c^2/2) = \delta q^e - g dz - \delta w_{\text{тех}} - p dv - v \partial p_{\text{конв}} - \delta w_{\text{тр}} + \delta w'_{\text{вяз.деф}}$$

$$\text{или} \quad \delta q^e + \delta q_{\text{тр}} = g dz + d c^2/2 + dh - v (\partial p / \partial t) dt + \delta w_{\text{тех}} + \delta w_{\text{тр}}, \quad (21)$$

где  $\delta q_{\text{тр}} = \delta w'_{\text{вяз.деф}} = v D dt$  – удельная теплота трения ( $v = \mu / \rho$ ).

В термодинамике уравнение энергии для нестационарного потока в виде (21) не приводится. В случае стационарного течения ( $\partial p / \partial t = 0$ ) и пренебрежения отводом теплоты трения в окружающую среду ( $\delta q_{\text{тр}} = \delta w_{\text{тр}}$  или  $\delta w'_{\text{вяз.деф}} + \delta w'_{\text{вяз.пер}} = 0$ ) уравнение (21) принимает общеизвестный вид  $\delta q^e = g dz + d c^2/2 + dh + \delta w_{\text{тех}}$  и называется *уравнением первого закона термодинамики для потока (проточной системы)* [5].

Вычитая из уравнений энергии для АД (20) и (21) соответственно уравнения энергии для УД (17) и (18), получим уравнения энергии для ХД соответственно в гидромеханическом и термодинамическом (1) виде:

$$\rho \frac{dU}{dt} = \rho \dot{q}^e + N_{\text{пов.деф}} = \rho \dot{q}^e + N_{\text{дав.деф}} + N_{\text{вяз.деф}} = \rho \dot{q}^e - p \operatorname{div} \vec{c} + \mu D; \quad (22)$$

$$du = \delta q^e - p dv + \delta w'_{\text{вяз.деф}} = \delta q^e + \delta q_{\text{тр}} - p dv = \delta q - p dv, \text{ или } \delta q = dh - v dp. \quad (23)$$

Сравнивая полученное уравнение (22) с аналогичным уравнением (2), заключаем, что так называемая *мощность внутренних сил*  $N_{in}$  равна и противоположна по знаку объёмной мощности поверхностных сил по деформации элемента среды ( $-N_{\text{пов.деф}}$ ), а мощность диссипации  $N_{\text{дис}}$  равна объёмной мощности деформации элемента среды только под действием сил вязкости ( $N_{\text{дис}} = N_{\text{вяз.деф}} = \mu D$ ).

**Заключение.** Термодинамический метод вывода уравнений энергии для потока, основанный на расчёте четырёх видов работ поверхностных сил ( $W_{\text{дав.пер}}$ ,  $W_{\text{дав.деф}}$ ,  $W_{\text{вяз.пер}}$ ,  $W_{\text{вяз.деф}}$ ), дополняет гидромеханический метод, основанный на понятии объёмной мощности  $N_V$ , и позволяет дать однозначный физический смысл величин, получаемых в гидромеханическом методе вывода уравнений энергии для потока, в виде различного рода работ соответствующих сил и их мощностей:

$\operatorname{div}(P\vec{c}) = N_{\text{пов}} = N_{\text{пов.пер}} + N_{\text{пов.деф}}$  – объёмная мощность поверхностных сил по перемещению и деформации элемента среды, Вт/м<sup>3</sup>;

$N_{in} = -N_{\text{пов.деф}} = -(N_{\text{дав.деф}} + N_{\text{вяз.деф}})$  – объёмная мощность поверхностных сил (с обратным знаком) по деформации элемента среды под действием сил давления и вязкости, Вт/м<sup>3</sup>;

$\operatorname{div}(P\vec{c}) + N_{in} = N_{\text{пов.пер}} = N_{\text{дав.пер}} + N_{\text{вяз.пер}}$  – объёмная мощность поверхностных сил по перемещению элемента среды как целого, Вт/м<sup>3</sup>;

$N_{\text{дис}} = N_{\text{вяз.деф}}$  – объёмная мощность вязкостных сил по деформации элемента среды, Вт/м<sup>3</sup>;

$-v dp = \delta w'_{\text{дав.пер}}$  – удельная работа результирующей сил давления по перемещению элемента среды как целого (в стационарном потоке), а в общем случае (потока и цилиндра) – работа изменения давления  $\delta w^p$  (по аналогии с работой изменения объёма  $\delta w \equiv \delta w^V = p d\delta$ ).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука, 1987. - 848 с. ил.
2. Рындин В. В. Анализ методов вывода уравнений энергии в механике жидкости и газа //Наука и техника Казахстана.– 2009. – № 2. - С. 87–99.
3. Рындин В.В. Анализ методов введения давления вязкой жидкости в механике жидкости и газа //Наука и техника Казахстана.– 2009. – № 2. - С. 75–86.

4. Кириллин В.А., Сычев В.В. и Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика: Учеб. для вузов. – Изд. 4-е. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 448 с.: ил.

5. Техническая термодинамика: Учеб. для машин. спец. вузов /В. И. Крутов, С.И. Исаев, И.А. Кожин и др.; Под ред. В.И. Крутова. – 3-е изд. - М.: Высш. шк., 1991. - 384 с.: ил.



УДК 616.65-007.61-08

## ФЛОГЭНЗИМ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ДОБРОКАЧЕСТВЕННОЙ ГИПЕРПЛАЗИЕЙ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

**В.Т. Сторожук, М.Д. Махмудов,**

**Н.А. Кондратьева, Г.И. Лярская**

*Павлодарский филиал ГМУ г.Семей, г.Павлодар,*

*Муниципальное учреждение здравоохранения, городская*

*клиническая больница скорой медицинской помощи №1,*

*г. Омск, РФ*

*Ерек безінің сапалы гиперплазиясы бар емделушілерінің жан-жақты емдеуіндегі Флогэнзиманың тиімділігінің зерттеуі. Қатар жақсы тасымалданғыштықпен бастапқы немесе шамалы бейнеленген симптомдармен ауруды осы препаратты тағайындау емдік-алдын алу қолданудың әсіресе көкейкесті құралдары қатарда Флогэнзимге шарт қояды.*

*Study of the effectiveness of flogenzima in treatment of patients with benign prostatic hyperplasia. The assignment of this drug to patients with initial moderate or severe symptoms, along with good tolerability of Flogenzim raises a number of particular relevance of therapeutic and prophylactic use.*

**Введение.** Доброкачественная гиперплазия предстательной железы (ДГПЖ) принадлежит к числу самых распространенных урологических заболеваний у мужчин старше 60 лет. У 96,7% больных ДГПЖ обнаруживают морфологические признаки хронического воспаления простаты различной степени активности [1]. К причинам ДГПЖ относят венозный стаз, конгестию предстательной железы и компрессию протоков ацинусов. В последнее время большое значение придают также уретропростатическому рефлюксу, возникающему вследствие повышения активности  $\alpha$ -адренорецепторов простатического отдела уретры и развития турбулентного тока мочи в задней уретре. К опасностям ДГПЖ. Таким образом, проблема проведения своевременной адекватной терапии больных ДГПЖ обуславливает необходимость изыскания новых возможностей ее решения [2].

Направлением медикаментозной терапии больных ДГПЖ является лечение препаратами растительного происхождения, обладающими прежде всего противовоспалительным и противоотечным эффектами наряду с хорошей переносимостью и удобством применения. Препараты растительного происхождения не требуют титрования дозы и не взаимодействуют с другими лекарствами, что особенно важно для больных пожилого возраста, составляющих основной контингент при ДГПЖ. Механизм действия большинства препаратов растительного происхождения связан с ингибированием синтеза простагландинов, метаболитов 5-оксигеназы и арахидонолой кислоты в предстательной железе, что приводит к снижению проницаемости сосудов простаты и реализации терапевтического эффекта.

В настоящем исследовании использован препарат Флогэнзим (фирма Mucos Pharma, Германия). Состав одной таблетки: бромелаин 450 F.I.P.-ЕД (90 мг), трипсин 1440 F.I.P.-ЕД (48 мг), рутозид 100 мг. Ежедневный прием включал 9 таблеток (по 3 табл. 3 раза в день за 30 мин до еды, запивая 1 стаканом воды), в течении 10 дней стационарного лечения.

Выбор препарата Флогэнзим (Mucos Pharma, Германия) обусловлен его основными действиями: противовоспалительным, противоотечным, вторично анальгезирующим, антиагрегантным, фибринолитическим, антифиброзным [3, 4].

#### **Материалы и методы исследования.**

В основу исследования положены данные обследования и лечения 71 больного с ДГПЖ, разделенные на две группы. В первую группу был включен 41 больной ДГПЖ, которым помимо традиционной этиопатогенетической терапии назначали препарат системной энзимотерапии Флогэнзим (основная группа). Вторую группу составили 30 больных с ДГПЖ, которые подвергались только традиционной этиопатогенетической терапии без включения в схему лечения Флогэнзима (группа сравнения). Возраст наблюдавшихся больных колебался от 55 до 71 года. Длительность заболевания ДГПЖ составила от трех до семи лет.

Всем больным до начала лечения проводилось полное комплексное клинико-лабораторное, рентгенологическое, бактериологическое, ультразвуковое обследование, направленное, в том числе, на исключение туберкулеза, а также определение объема остаточной мочи. Предпочтение было отдано трансректальному ультразвуковому исследованию (ТРУЗИ) в связи с его большей по сравнению с наружным способом разрешающей способностью, что особенно важно было в оценке состояния семенных пузырьков. На протяжении лечения и при контрольном обследовании при

выписке больных из стационара оценивали переносимость Флогэнзима пациентами, а также качество жизни.

**Результаты и обсуждение.** Хороший эффект в основной группе отметили у 35, а удовлетворительный у 6 больных. В результате комплексного, с применением Флогэнзима лечения отметили увеличение уровня качества жизни пациентов на 48,78 % (20). Боли в тазовой области прекратились у 75,61 % (31) и уменьшились у 7,32 % (3) больных. Максимальная скорость потока мочи на фоне проведенного лечения увеличилась на 29,27 % (12), а количество остаточной мочи снизилось на 26,83 % (11).

При ультразвуковом мониторинге размеров предстательной железы (при поступлении и выписки из стационара), а также по показаниям проводившимся на протяжении исследования значительных изменений объема простаты не выявляли в основной и группе сравнения.

Количество лейкоцитов в секрете простаты на фоне лечения препаратом СЭТ Флогэнзима нормализовалось у 37 из 41 больных основной группы и у 21 из 30 пациентов контрольной группы.

Проведенное исследование зарегистрировало быстрый и выраженный эффект препарата у больных ДГПЖ I-II стадии, что возможно было обусловлено противовоспалительным и противоотечным свойствами Флогэнзима.

Побочных реакций при комплексной терапии в сочетании с препаратом СЭТ Флогэнзима не отмечали.

Комплексная традиционная этиопатогенетическая терапия в группе сравнения показала хороший эффект у 17 пациентов (56,67%), удовлетворительный у 8 (26,67%), а неудовлетворительный у 5 (16,66%), привела к субъективному улучшению качества мочеиспускания у 60,0% (18) больных ДГПЖ. В процессе лечения отметили увеличение уровня индекса качества жизни пациентов на 40,0 % (12) от исходного уровня. Боли купировались у 50,0% (15). Максимальная скорость потока мочи после лечения увеличилась в среднем на 23,33% (7), а среднее значение объема остаточной мочи уменьшилось на 20,0% (6). При этом наиболее показательной была динамика ноктурии: 17 больных сообщили о ее исчезновении, а 5 отметили уменьшение количества ночных мочеиспусканий до 1 раза.

Таким образом, современный лекарственный препарат Флогэнзим на основе ферментов (энзимов) растительного и животного происхождения является эффективным средством для комплексной терапии ДГПЖ. Полученные в большинстве исследований эффективность и безопасность данного препарата при ДГПЖ результаты позволяют рекомендовать Флогэнзим для более широкого лечения этой категории больных.

**Выводы:**

Флогэнзим является эффективным средством для комплексной терапии доброкачественной гиперплазии предстательной железы.

Назначение Флогэнзима больным с начальными и умеренно выраженными симптомами ДГПЖ в сочетании с традиционной этиопатогенетической терапией наряду с хорошей переносимостью ставят Флогэнзим в ряд особенно актуальных средств лечебно-профилактического применения.

Полученные результаты эффективности и безопасности Флогэнзима при ДГПЖ позволяют рекомендовать его для более широкого применения в комплексном лечении этой категории больных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мазо Е.Б., Попов С.В. Эффективность препарата Простамол Уно при лечении доброкачественной гиперплазии предстательной железы и хронического простатита. – Журнал доказательной медицины для практикующих врачей (Consilium medicum – репринт). - 2007. - № 4. - С. 3-6.
2. Петров С.Б., Протощак В.В. Новые подходы в консервативной терапии доброкачественной гиперплазии предстательной железы // Вестник Российской военно-медицинской академии. - 2007. - № 4 (20). - С. 88-90.
3. Репина М.А., Стернин Ю.И. Секреты системной энзимотерапии в вопросах и ответах. – Пособие для врачей. - Санкт-Петербург, 2009. - 64 с.
4. Стернин Ю.И., Михайлов И.Б. Избранные вопросы клинической фармакологии системной энзимотерапии. – Пособие для врачей. - Санкт-Петербург, 2010. - 32 с.

УДК 621.382

## ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ОСВЕЩЕНИЯ

**Б.К. Шапкенов, А.Б. Қайдар**

*Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар*

*Жұмыста қуат жинағы үшін жарықтың схемасы сипатталған. Өнеркәсіптік және тұрмыстық автоматиканың электр энергиясының үнемдеу қамтамасыз ететін жүйелері дәл қазір талап етілген.*

*In the work the scheme of illumination for power savings is described. Nowa days the systems of industrial and household automatics providing economy of the electric power are claimed.*

В последнее время в связи с удорожанием и нарастающим дефицитом электроэнергии, вызванным увеличением энерговооруженности труда, вводом в эксплуатацию новых предприятий вопросы энергосбережения становятся особенно актуальными. Так, например, Павлодарэнерго и его дочерние предприятия ввели в новый тариф, по которому предприятия, объекты социальной сферы должны потреблять электроэнергию в строго лимитированных размерах, причем цена электроэнергии в ночное время намного дешевле, чем в дневное.

Учитывая, что подавляющее большинство ламп, применяемых как на промышленных предприятиях, государственных учреждениях так и в быту, являются лампами накаливания необходимо применять схемы, позволяющие, обеспечить экономию электрической энергии, качество освещения, длительный срок эксплуатации ламп.

Известно, что на ночное освещение тротуаров рис. 1, подъездов жилых домов тратится огромное количество электроэнергии, причем большую часть времени свет горит впустую. Чтобы избежать ненужных затрат энергии, необходимо оснастить такие объекты устройствами, включающими на непродолжительное время свет только тогда, когда в этом есть необходимость.

Освещение территории - один из важных моментов в ландшафтной архитектуре. Дополнительное освещение на участке необходимо в вечернее и ночное время, что связано с ритмом жизни современного человека и использованием новых технологий в ландшафте.

Необходимости освещать весь участок, как правило, нет. В первую очередь освещение необходимо в парадных местах, которые посещаются чаще всего: при входе на участок, в дом, у площадок отдыха, вдоль прогулочных дорожек, гаража и т.д.

Ниже приведены схемы вариантов автоматов для экономии электроэнергии на освещение.



Рисунок 1 - Варианты систем освещения

Схема первого из них представлена на рис.2. Допустим, что питание подано на устройство, а конденсатор  $C2$  разряжен. Стабилитрон  $VD2$  и составной транзистор  $VT1VT2$  в это время закрыты; на базу транзистора  $VT3$  через резистор  $R3$  подается положительное напряжение, открывающее этот транзистор. В цепи управляющего электрода тиристора  $VS1$  течет ток, тиристор открыт и на этажах горят осветительные лампы (на схеме они обозначены  $EL1$ ). По мере зарядки конденсатора  $C2$  через резистор  $R2$  напряжение на его обкладках увеличивается. Когда оно достигает напряжения стабилизации стабилитрона  $VD2$ , последний открывается, затем открываются транзисторы  $VT1, VT2$ , а транзистор  $VT3$  закрывается. Тиристор  $VS1$  также закрывается, и осветительные лампы  $EL1$  гаснут. В таком состоянии устройство находится большую часть времени, потребляя от сети ток около 2 мА. Для включения освещения необходимо нажать кнопку  $SB1$ .

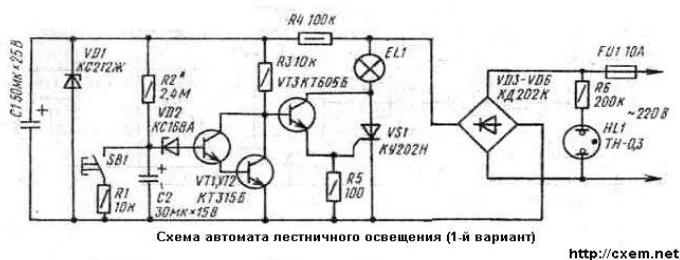


Рисунок 2 - Устройство для включения освещения на транзисторах с выдержкой времени на отключение

Все элементы устройства, в том числе и осветительные лампы, питаются выпрямленным напряжением, снимаемым с диодного моста VD3-VD6. Напряжение, необходимое для работы транзисторного ключа и для зарядки конденсатора C2 (около 12 В), получается на выходе параметрического стабилизатора VD1 R4. Конденсатор C1 сглаживает пульсации напряжения. Резистор R1 ограничивает ток разрядки конденсатора C2 при нажатии кнопки SB1. Кроме того, наличие этого резистора повышает электробезопасность при пользовании устройством в случае нарушения изоляции кнопки SB1. Подача напряжения на управляющий электрод тиристора VS1 с его анода (через открытый транзистор VT3) обеспечивает протекание тока в цепи управляющего электрода лишь до момента включения тиристора, т.е. в течение долей миллисекунды в начале каждого полупериода. В результате этого на транзисторе VT3 рассеивается очень незначительная мощность. Неоновую лампу HL1 или светодиод устанавливают рядом с кнопкой SB1, чтобы ее можно было легко отыскать в темноте. Такие же кнопки устанавливают, например, на лестничных клетках этажей и соединяют их параллельно. Соответствующие им неоновые лампы подключают к сети через резисторы 200 кОм (на схеме - R6). Максимальная суммарная мощность осветительных ламп, которыми может управлять устройство, составляет 2 кВт. Тринистор VS1 должен быть установлен на радиаторе с поверхностью охлаждения около 300 см<sup>2</sup>, диоды VD3-VD6 - на четырех радиаторах площадью по 70 см<sup>2</sup> каждый. Если мощность нагрузки не превышает 300 Вт, тринистор и диоды устанавливать на радиаторы не обязательно.

На рис.3 приведена схема второго варианта устройства, в котором используется микросхема K176ЛА7. Напряжение с конденсатора C2 поступает на входы логического элемента DD1.1. Пока напряжение на конденсаторе меньше напряжения порога переключения этого элемента, на его выходе -напряжение высокого уровня, которое открывает транзистор

VT1. При этом открывается тиристор VS1 и подается напряжение на осветительные лампы EL1. При дальнейшей зарядке конденсатора C2 логический элемент DD1.1 переключается, на его выходе появляется напряжение низкого уровня, транзистор VT1 и тиристор VS1 закрываются и лампы гаснут.

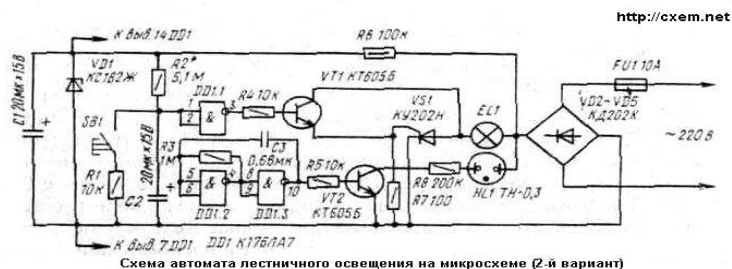


Рисунок 3 - Устройство для включения освещения на логических элементах с выдержкой времени на отключение

На логических элементах DD1.2 и DD1.3 этой же микросхемы собран генератор, формирующий импульсы с частотой около 1 Гц. С такой частотой мигает неоновая лампа HL1, установленная около кнопки SB1. Транзисторы КТ315Б можно заменить любыми из этой серии, а также использовать транзисторы КТ312, КТ316, КТ317, КТ201 с любыми буквами; КТ605Б можно заменить на КТ605А, КТ604, КТ904 с любыми буквами. Тиристор КУ202Н можно заменить КУ202М (К, Л), а если мощность ламп не будет превышать 400 Вт, то можно применять тиристоры КУ201К, КУ201Л. Диоды КД202К можно заменить на КД202 с буквами М, Н, Р, а также на любые из серий Д246, Д247, Д248. Стабилитрон КС212Ж можно заменить на Д814Г, Д814Д, КС213Ж, КС215Ж, КС168А - на КС168В, КС162А, КС156А, Д814А; КС182Ж - на Д814Б, КС182А, КС191А.

Оксидные конденсаторы - типов К50-6, К50-16, К50-20 или К53-1; конденсатор С3 (см. рис.3) - типов КМ-6, К 10-17 или МБМ. Все резисторы -МЛТ. Кнопка SB1 - типов КП1, КЗ, КМ1-1, КМД1-1 или звонкового типа.





Рисунок 3

Налаживание устройства сводится к подбору сопротивления резистора R2 для получения нужной длительности свечения ламп. При Рис. 4. Освещение с пошаговым обозначенном на схемах номинале резистора R2 включением длительность горения ламп составляет 2...3 мин. Корпус, в котором собрано устройство, устанавливают на одном из этажей здания. Кнопки SB1 с неоновыми лампами HL1 подключают к устройству проводами любого сечения. Осветительные лампы EL1 должны быть подключены проводами достаточного сечения; так, при суммарной мощности ламп 2 кВт сечение проводов должно быть 1,5...2 мм<sup>2</sup>. При изготовлении и установке устройства следует особое внимание обратить на надежность изолирующих частей кнопок SB1.

Для пошагового включения освещения, например освещение лестничного марша (рис. 4), замыкающие контакты располагают на ступеньках лестницы.

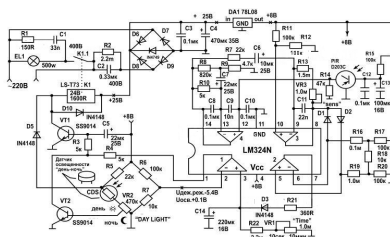


Рисунок 5

Светодиоды или лампы накаливания на первой и последней ступеньках желательно оставлять постоянно включенными. Чтобы они не выключались сразу контакты можно согласовать со схемами на рис.2 и 3. Для освещения автоматического включения освещения при появлении человека можно использовать устройство Рис. 5. Принципиальная схема датчика движения включения освещения на датчике Пирсона, приведенное на рис. 5.

Фоновое инфракрасное излучение контролируемой зоны с помощью переднего стекла (линзы) фокусируется на фототранзисторе, чувствительном к ИК-лучам. Поступающее от него малое напряжение

усиливается с помощью операционных усилителей (ОУ) микросхемы, входящей в схему датчика. В нормальных условиях электромеханическое реле включения нагрузки обесточено. Как только в контролируемой зоне появляется движущийся объект, освещенность фототранзистора изменяется, он выдает на вход ОУ измененное напряжение. Усиленный сигнал выводит схему из равновесия, срабатывает реле, которое включает нагрузку, например лампу освещения. Как только объект выходит из зоны, лампа некоторое время продолжает светиться, в зависимости от выставленного времени электронного реле времени, а затем переходит в исходное состояние – “Режим охраны”.

На рис. 6 приведена фотография многофункциональной системы, обеспечивающей автоматическое включение и выключение в функции освещенности и наличия живых движущихся объектов, излучающих ИК-излучение на длине волны 10 мкм.

Схема предназначена для автоматического включения освещения при попадании в зону его контроля движущегося объекта и выключении его после выхода объекта из зоны. Она применяется для освещения школьных, университетских коридоров в вечернее время, для включения видеокамеры, сирены, прожектора и т.д.



Рисунок 6 - Многофункциональная система освещения с детектором движения

В настоящее время опытный образец устройства установлен в СОШ № 42 г. Павлодара.

Разработанная система освещения может использоваться, как для наружного, так и внутреннего освещения, в частности, в качестве сигнального или аварийного, обеспечивает экономию электрической энергии вследствие своевременного включения и отключения в зависимости от уровня внешней освещенности и использования

электронного регулятора напряжения, исключает ложное включение при случайном затемнении фотоэлемента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кайдар А.Б. Элементы интеллектуальных систем. Международная научно-теоретическая конференция «III Торайгыровские чтения». - Павлодар, 2009, том 2. - с. 385-391.

2. Шапкенов Б.К., Кайдар А.Б. Бифункциональные системы промышленной и бытовой автоматики. Материалы международной научно-практической конференции «Индустриально-инновационное развитие на современном этапе: состояние и перспективы». - Павлодар, 2009. - с. 75-78./4с.

3. Виглеб Г. Пер С нем Датчики: Мир. 1989. – 196 с.

4. Шапкенов Б.К., Титов М.В., Кайдар А.Б. Особенности энергоснабжения нефтегазовых объектов. Международная научно-техническая конференция в Тюменском нефтегазовом университете. 2009.

ӘОЖ 621.78.066.3

## МЕТАЛЛ ТАЗАЛАУШЫ СҮЗГІЛЕРДІ МОДЕЛЬДЕУ АРҚЫЛЫ АРЫН ШЫҒЫНЫ МЕН АҒЫН МӨЛШЕРІНІҢ СИПАТЫН ЗЕРТТЕУ

М.М. Сүйіндіков, М.Ж. Тусупбекова, Ж.Ш. Шошай

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік  
университеті

*В статье рассмотрены гидравлические характеристики фильтров для очистки металлических расплавов, результаты экспериментов по моделированию, математической обработке их. Показано, что при анализе результатов экспериментов установлена зависимость расхода от соотношения площадей фильтра и самого узкого сечения системы.*

*The article describes the hydraulic characteristics of filters for cleaning of metal melts, the results of experiments on modeling and their mathematical processing. The dependence of the flow on the ratio between the filter area and the most narrow section of the system is shown. It is set after the analysis of experimental results.*

ПМУ дің металлургия кафедрасының зертханасында металл балқымаларын тазалауға арналған сүзгілердің гидравликалық сипаттамаларын анықтау мақсатында эксперименттер жүргізілді. Мұндағы тәжірибелер металдарды құю кезіндегі ағын бойында орын алатын үрдістерді гидромодель деп зерттеу теориясының осыған дейін қабылданған негізгі қағидаларын [1, 2] басшылыққа ала отырып жасалды.

Құю жүйесіндегі металл ағынын модельдеу үшін тек қана жалғыз Рейнольдс  $Re$  критерийін бақылап отырса жеткілікті болатыны, ал автотомельдік аймақта модель мен нағыз объектідегі ағынның Рейнольдс критерийлерінің тең болуы міндетті емес екені профессор Б.В. Рабиновичтің еңбектеріне [1] сүйеніп дәлелденді. Гидромодельдеу теориясын қарастыру нәтижесінде металл балқымаларының құю жүйесінде ағынын модельдеу үшін нағыз объектінің өлшемдерін сол қалпында модельге көшіріп зерттеулер жүргізуге әбден болады.

Эксперименттердің әдістемесі авторлардың бұған дейінгі мақаласында

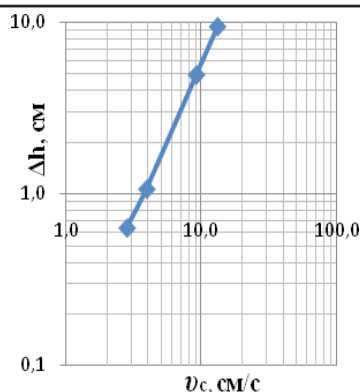
берілген болатын [3]. Сондағы үш түрлі диаметрі бар тесіктерден құралған сүзгілер сынақтан өткізілді. Үш сүзгінің сыртқы өлшемдері мен тесіктер саны және сол тесіктердің орналасу координатасы бірдей. Тек тесіктердің диаметрлері әр сүзгіде әртүрлі және бір сүзгі көлемінде бірдей етіп жасалған - 4, 3, 2 мм. Бұл тәжірибелердегі әдістеме ерекшелігі - осы жолы жалпы арын 350 мм-ге тең етіп алынып, тәжірибелер топтамасының аяғына дейін тұрақты түрде ұсталды.

Алынған нәтижелер математикалық жолмен өңделді. Алдымен ізделіп отырған аппроксимациялаушы сызықтың сипатын логарифмдеу арқылы табу керек болды. Теория бойынша сүзгіден өткен ағынның арын шығыны сүзгі алдындағы жылдамдықтың 1-ші дәрежесіне (ламинарлы сүзгілеуде), немесе 2-ші дәрежесіне (турбулентті сүзгілеу кезінде), не болмаса 1 мен 2 арасындағы дәрежесіне (өтпелі сипаттағы сүзгілеуде) пропорционалды болады. Жалпылай өрнектегенде  $\Delta h = k\theta_c^n$  түрінде жазамыз. Осы өрнекті логарифм деп аламыз:

$$\lg \Delta h = n \lg \theta_c + \lg k$$

Құрылымы бойынша бұл өрнек сызықты теңдеу түріне  $\tilde{y} = bx + c$  келеді.

Ендігі жерде ең аз квадраттар әдісін (метод наименьших квадратов) қолданып тәжірибедегі нүктелермен барынша үйлесімді болатын түзудің теңдеуіндегі коэффициенттер  $b$  мен  $c$  мәні анықталады. Мұндағы ең басты көрсеткіш  $n$  коэффициентінің мәні болып табылады. Себебі,  $n$  мәні бойынша жоғарыда айтып кеткендей ағын сипаты (ламинарлы, турбулентті яки өтпелі) анықталады. Осы өңдеулер компьютерлік бағдарламалар қолданып жүргізілді. Мысал ретінде тесіктерінің диаметрі 4 мм болған сүзгінің сынақтарының нәтижелерін өңдеу кезінде компьютерлік бағдарлама арқылы логарифмдік кестеге салынған графигі көрсетіліп отыр (1- сурет).



Сурет 1 –  $\Delta h = f(v_c)$  тәуелділігінің логарифмдік осьтерге салынған графигі

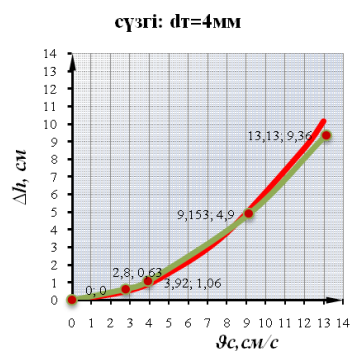
Өңдеулер нәтижесінде алынған үш сүзгінің коэффициенттерінің мәні келесідей болып табылды:

$$n_1 = 1,95 ; n_2 = 2,09 ; n_3 = 2,04.$$

Көріп тұрғанымыздай бұл коэффициенттер  $n = 2$  мәнінен айтарлықтай алыс болмай шықты. Осыдан шыққан қорытынды - арын шығыны  $\Delta h$  сүзгілеу жылдамдығының  $v_c$  квадратына тура пропорционал деп алуға әбден лайық екен:

$$\Delta h = k v_c^2$$

Басқаша айтқанда сүзгілеу кезіндегі ағын сипаты турбулентті аймақта жатады. Ендігі жерде  $v_c$  пен  $\Delta h$  мәндерін орнына қоя отырып  $k$  коэффициентінің мәнін анықтау еш қиындық тудырмайды. Тесіктерінің диаметрі 4 мм сүзгіні зерттеу тәжірибесіндегі осылай табылған аппроксимациялаушы парабола мен тәжірибедегі нүктелерді өзара қосатын сынық сызықты қисықтың өзара орналасуын 2 суреттен қарауға болады.



Сурет 2 – Тәжірибеден алынған нүктелер арқылы сызылған графиктер мен  $\Delta h = k v_c^2$  тәуелділігі графиктері

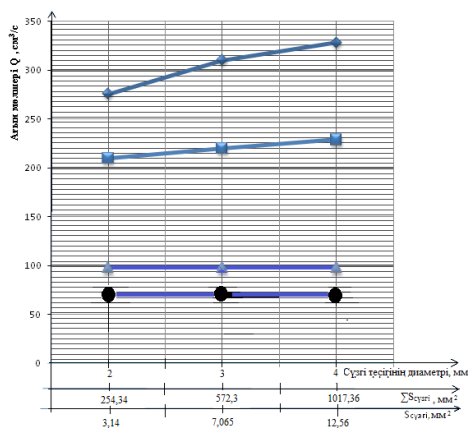
Келесі кезеңде сүзгілерден өтетін ағын мөлшерін салыстырып көруді мақсат етіп қойдық. Эксперимент нәтижелерін саралап қарасақ біраз сұрақтарға жауап алуға мүмкіндік бар екенін көреміз. Тәжірибелердегі қондырғының көлденең түтігін жауып тұрған ұштық құю жүйесіндегі қоректендіргіш қызметін атқарады деп қарастыруға болады. Сол ұштықтардың тесіктерінің аудандары:

$$S_{\text{ұштық}} = 167,33 \text{ мм}^2, \quad S_{\text{ұштық}} = 94,958 \text{ мм}^2, \quad S_{\text{ұштық}} = 38,46 \text{ мм}^2, \\ S_{\text{ұштық}} = 28,26 \text{ мм}^2.$$

Сүзгінің ағынға қараған бетінің ауданы  $50 \times 50 = 2500 \text{ мм}^2$ . Сүзгінің ағын өтетін бөлігінің ауданын табу үшін сүзгінің бір тесігінің ауданын сол тесіктердің санына  $N$  көбейтеміз. Мәндерін орнына қоя отырып және тесіктер саны  $N=81$  екенін ескеріп  $S_{\text{сүзгі}} = 254,34 \text{ мм}^2$ ,  $S_{\text{сүзгі}} = 572,3 \text{ мм}^2$ ,  $S_{\text{сүзгі}} = 1017,36 \text{ мм}^2$  деп анықтаймыз.

Осыдан кейін ұштықтардың ауданының  $S_{\text{ұштық}}$  және сүзгінің өтімді бетінің ауданының  $S_{\text{сүзгі}}$  қатынастарының  $S_{\text{ұштық}} : S_{\text{сүзгі}}$  мәні анықталды.

Сонымен, біздің тәжірибелерде  $S_{\text{ұштық}} : S_{\text{сүзгі}}$  қатынасы  $d_{\text{ұштық}} = 6 \text{ мм}$  ұштық үшін 1:9 дан 1:36 ға дейін,  $d_{\text{ұштық}} = 7 \text{ мм}$  ұштық үшін 1:6,6 дан 1:26,44 ке дейін,  $d_{\text{ұштық}} = 11 \text{ мм}$  ұштық үшін 1:2,67 ден 1:10,7 ге дейін, ал  $d_{\text{ұштық}} = 14,6 \text{ мм}$  ұштық үшін 1:1,5 тен 1:6 ға дейін өсетіні анықталды. Енді осы әрбір ұштықтың тесіктерін өзгертпей сол кезде сүзгі тесіктері өзгерген сайын құю жүйесіндегі ағын мөлшері қалай өзгередінін графикке салып көрсетейік:



Сурет 1 – Ағын мөлшерінің сүзгі тесіктерінің диаметрі мен ұштық тесіктеріне тәуелділігі графигі

Осы графиктен байқайтынымыз – төменгі екі сызық абсцисса осіне параллель орналасқан. Демек ұштық тесігінің диаметрі 6 және 7 мм

болғанда сүзгі тесіктерінің диаметрі өзгеруі ағын мөлшеріне соншалықты әсерін тигізбей тұр. Бұдан аса маңызды тұжырым алуға болады. Мәселе сүзгі диаметрінің өлшемінде емес,  $S_{\text{ағын}} : S_{\text{сүзгі}}$  қатынасының шамасында болып тұрғанын көріп тұрмыз.  $S_{\text{ағын}} : S_{\text{сүзгі}}$  қатынасы 1:1 шамасынан алыстаған сайын, мысалы  $d_{\text{үштык}} = 6\text{мм}$  болғанда бұл қатынас 1:9 дан 1:36 ға дейін өскенде, сүзгінің кедергісі ағынға айтарлықтай өзгеріс әкелмейтіні анықталып отыр. Пайдаланылған әдебиетте дәл осындай тұжырымды кездестіруге болады [4]. Онда сүзгі қойылған құю жүйесі мен сүзгісі жоқ жүйені салыстыра тәжірибе жасай отырып, дроссельдің ауданы мен сүзгі бетінің ауданы екеуінің қатынасы 1:16 болғанда сүзгісі жоқ жүйемен бірдей ағын мөлшері алынатыны айтылады.

Құю жүйесін жобалағанда сүзгі ауданы сол жүйенің ең тар арнасының ауданынан мейлінше үлкен болған сайын ондағы ағын мөлшері құю мезгілінде соншалықты тұрақты бола түспек. Мұндай құю жүйесін қарастырғанда дәстүрлі есептеу әдістемесін қолданып сүзгісі жоқ жүйені есептегендей есептеуге болады. Дегенмен, бұл жерде сүзгіні тым үлкен етіп алуға бола бермейтінін есте ұстаған жөн. Себебі үлкейген сайын сүзгі қымбаттай түседі.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

1. Рабинович Б.В. Введение в литейную гидравлику. - М.: Машиностроение, 1966, - 422 с.
2. Чистяков В.В. Методы подоби́я и размерностей в литейной гидравлике. - М.: Машиностроение, 1990. - 224 с.
3. Сүйіндіков М.М., Шошай Ж. Металл тазартуға арналған сүзгілерді модельдеу арқылы зерттеу. / «IX Сатпаев оқулары» атты жас ғалымдар, студенттер және оқушылардың халықаралық ғылыми конференциясының материалдары. Жас ғалымдар, 6 том, I-бөлім. - Павлодар: С. Торайғыров атындағы ПМУ, 2009. - 261 б.
4. Суюндиков М.М. Физическая и математическая модели процесса фильтрации металла в литниковой системе, конструкция и расчет для чугу́нных отливо́к. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Москва, 1989. - 200 с.



## НАШИ АВТОРЫ

**Абдрахманов Е.С.** – к.т.н., доцент, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Ахметбаев Д.С.** - к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Ахметбаев А.Д.** - инженер.

**Бергузинов А.Н.** - магистр, старший преподаватель, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Бердышев Е.Ж.** - магистрант, кафедра «Металлургия», Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Бозымбаев Г.Д.** – магистр, инженер, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Глокк К.С.** - магистрант, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Демеуова А.А.** - инженер-эколог, ТОО «СМАРТ Инжиниринг», г. Алматы.

**Ельмуратов С.К.** – д.т.н., профессор, зав. кафедрой промышленного и гражданского строительства, архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет, им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Ельмуратова А.Ф.** – к.т.н., доцент кафедры промышленно-

го и гражданского строительства, архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет, им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Жанкуанышев Мартебе Куттыкияулы** - соискатель кафедры «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Жуковский Ю.Л.** - Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова (технический университет), г. Санкт-Петербург.

**Кабашев Р.А.** - д.т.н., профессор, КазАДИ, г. Алматы.

**Казиева Галия Сейткамзаевна** – профессор, кафедра «Телекоммуникационные системы», Алматинский институт энергетики и связи.

**Кайдар А.Б.** – студент, Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар.

**Кульгильдинов Б.М.** - соискатель, КазАДИ, г. Алматы.

**Клецель М.Я.** – д.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Козярук А.Е.** - Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова (технический университет), г. Санкт-Петербург.

**Кондратьева Н.А.** - кафедра хирургии, Павлодарский филиал ГМУ г. Семей, г. Павлодар.

**Коржеев А.А.** - Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет), г. Санкт-Петербург.

**Лярская Г.И.** - муниципальное учреждение здравоохранения, городская клиническая больница скорой медицинской помощи №1 г. Омск, РФ.

**Махмудов М.Д.** - кафедра хирургии, Павлодарский филиал ГМУ, г. Семей, г. Павлодар.

**Мухамеджанова Альмира Далелханкызы** – старший преподаватель, кафедра «Автоматическая электросвязь», Алматинский институт энергетики и связи.

**Нурмаганбетов Ж.О.** - д.т.н., профессор, Павлодарский государственный педагогический институт, г. Павлодар.

**Нурғалиева М.С.** - инженер, ЕИТИ им. К. Сатпаева.

**Павлюковский Ю.В.** – магистрант, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Рындин Владимир Витальевич** –к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Сторожук В.Т.** - кафедра хирургии, Павлодарский филиал ГМУ г. Семей, г. Павлодар.

**Суйиндыков М.М.** – к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Тусупбекова М. Ж.** –магистр, старший преподаватель, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Уахитова Айгуль Ботановна** – к.т.н., доцент, кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Утегулов Болатбек Бахитжанович** - д.т.н., профессор, кафедры «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Утегулов Арман Болатбекович** - к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Шапкенов Б.К.** – к.т.н, профессор, академик Всемирной Академии Наук Комплексной Безопасности, Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар.

**Шошай Ж.Ш.** – ассистент, магистр, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

В журнал принимаются рукописи статей по всем направлениям естественных и технических наук в двух экземплярах, набранных на компьютере, напечатанных на одной стороне листа с полуторным межстрочным интервалом, с полями 3 см со всех сторон листа, и дискета со всеми материалами в текстовом редакторе “Word 7,0 (’97, 2000) для Windows” (кегель – 12 пунктов, гарнитура – Times New Roman/KZ Times New Roman).

2. Статья подписывается всеми авторами. Общий объем рукописи, включая аннотацию, литературу, таблицы и рисунки, не должен превышать 8–10 страниц.

3. Статья должна сопровождаться рецензией доктора или кандидата наук для авторов, не имеющих ученой степени.

4. Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:

– УДК по таблицам универсальной десятичной классификации;

– название статьи: кегель – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman Cyr (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка), заглавные, жирные, абзац центрованный;

– инициалы и фамилия(-и) автора(-ов), полное название учреждения: кегель – 12 пунктов, гарнитура – Arial (для русского, английского и немецкого языков), KZ Arial (для казахского языка), абзац центрованный;

– аннотация на казахском, русском и английском языках: кегель – 10 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков),

KZ Times New Roman (для казахского языка), курсив, отступ слева-справа – 1 см, одинарный межстрочный интервал;

– текст статьи: кегель – 12 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка), полуторный межстрочный интервал;

– список использованной литературы (ссылки и примечания в рукописи обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Список литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.1-84. – например:

### ЛИТЕРАТУРА

1. Автор. Название статьи //Название журнала. Год издания. Том (например, Т.26.). – номер (например, - № 3.). – страница (например, - С. 34. или - С.15-24.)

2. Андреева С.А. Название книги. Место издания (например, - М.:) Издательство (например, Наука), год издания. Общее число страниц в книге (например, - 239 с.) или конкретная страница (например, - С. 67.).

3. Петров И.И. Название диссертации: дисс. канд. биолог. наук. - М.: Название института, год. Число страниц.

4. C.Christopoulos, The transmisson-Line Modelling (TML) Metod, Piscataway, NJ: IEEE Press, 1995.

На отдельной странице (в бумажном и электронном варианте) приводятся сведения об авторе:

– Ф.И.О. полностью, ученая степень и ученое звание, место работы (для публикации в разделе «Наши авторы»);

– полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, E-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);

– название статьи и фамилия(-и) автора(-ов) на казахском, русском и английском языках (для «Содержания»).

4. Иллюстрации. Перечень рисунков и подрисуночные надписи к ним предоставляют отдельно и в общий текст статьи не включают. На обратной стороне каждого рисунка следует указать его номер, название рисунка, фамилию автора, название статьи. На дискете рисунки и иллюстрации в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi (файлы с названием «Рис1», «Рис2», «Рис3» и т.д.).

5. Математические формулы должны быть набраны как Microsoft Equation (каждая формула – один объект). Нумеровать следует лишь те формулы, на которые имеются ссылки.

6. Автор просматривает и визирует гранки статьи и несет ответственность за содержание статьи.

7. Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи. Рукописи и дискеты не возвращаются. Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

8. Рукопись и дискету с материалами следует направлять по адресу:

140008, Республика Казахстан,  
г.Павлодар, ул. Ломова 64,

Павлодарский государственный  
университет им. С. Торайгырова,

Издательство «Кереку».

Тел. 8 (718-2) 67-36-69, (внутр. 147; 183)

факс: 8 (718-2) 67-37-02.

E-mail: [publish@psu.kz](mailto:publish@psu.kz)

Басуға 16.06.2011 ж. қол қойылды.  
Форматы 297\*420/2. Кітап-журнал қағазы.  
Көлемі шартты 5,32 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.  
Компьютерде беттеген М.А. Ескожинова  
Корректорлар: Б.Б. Әубәкірова, М.А. Джумадиева, А.Р. Омарова  
Тапсырыс № 1558

«КЕРЕКУ» баспасы  
С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті  
140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.  
67-36-69  
E-mail: [publish@psu.kz](mailto:publish@psu.kz)