

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

С.Т. Амурғалинов, Б.Б. Утегулов Кернеуі 1000 В дейін симметриялық емес торапта окшаулама параметрін анықтау әдісі	7
Ж.Е. Ахметов Жартылай кұрғақ қоспадан тротуар плиталарын өндіруге арналған газимпульсты сығу жабдығының конструкциясын дайындау	11
М.М. Бегентаев Экономиканың ғылыми өрістегі негізгі көрсеткіш динамикасы	16
М.М. Бегентаев, А.А. Титков Әлемдік нарық капиталының дамуы: теория мен тәжірибе мәселесі	21
А.В. Дегтярёв, К.М. Байгушева Электр машиналарын компьютерлік диагностикасының спектрлік талдауы әдістерінің шолуы	28
Н.К. Дроздова, М.К. Семенова Көлік пен құрылыстағы байланыс	32
С.К. Ельмуратов Қабырғалы тақталарды есептеуде қисық сызықты торлар әдісінің қолдануы	37
А.К. Ережепова Эргономиканың даму кезеңдері және эргономиялық талдаудың әдістері	43
М.В. Куницевич Трансформаторлардың диагностикасы	50
Е.В. Макиевская, Г.Ж. Сакенова, Л.Н. Титаренко, Р.М. Дюсенбаев Инсульттен кейінгі ерте сауығу	56

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;
Клепель 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).

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ ПАВЛОДАР
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

В.В. Рындин Масса мен диффузия көздері бар көпқұрамды қоспалар үшін үзіксіздік теңдеулерін қорытуының кейбір ерекшеліктері туралы	63
К.Т. Сақанов, С.Т. Тотаі Оқу үрдісіндегі интерактивті технологиялар.....	73
А.К. Смагулова, С.Н. Коновалов, М.О. Доскельдина, М.П. Корнюхина Созылмалы С гепатит ауруына шалдыққандарды гепатиф препаратымен емдеудің тиімділігі	78
И.Э. Суюнтбеков Автокөлік кешені нысандарының экологиялық қауіпсіздігін көтеру мәселелері	81
В.Н. Украинаец, С.Р. Гирнис Периодты жүктеменің оның ішкі қабаты бойынша әр түрлі жүгіретін жылдамдықтар кезінде қабығының екі қабатының массивті қоршайтын серпімді кернеулі күйді зерттеу.....	89
В.Н. Украинаец, М.К. Бейсембаев, С.Р. Гирнис, А.К. Тлеулесов Серпімді жаты кеңістікте көп қабатты жіңішке қабырғалы қабықшаға жүгірмелі периодты жүктеудің әрекеті туралы есеп	97
Д.А. Умралина Жас балалардағы көкірек ішіндегі сөл түйіндері туберкулезі Рентгенсемиотиктің ерекшеліктері	105
Р.А. Хайбулина, В.В. Рындин MathCAD жүйесін қолданудағы гидроприводка автоматтандырылған есеп айырысу	109
Біздің авторлар	119
Авторлар үшін ереже.....	121

Издание зарегистрировано Министерством культуры, информации и общественного согласия Республики Казахстан. Свидетельство о постановке на учет средства массовой информации № 1924-Ж.

КОРРЕКТОРЫ:
М.А. Джумадиева (рус.)
Б.Б. Аубакирова (каз.)

ВЕРСТКА:
М.А. Ескожинова

© ПГУ им. С. Торайгырова

СОДЕРЖАНИЕ

С.Т. Амурғалинов, Б.Б. Утеғулов Метод определения параметров изоляции в несимметричной сети напряжением до 1000 В.....	7
Ж.Е. Ахметов Разработка конструкции газимпульсного прессового оборудования для производства тротуарных плит из полусухой смеси	11
М.М. Бегентаев Динамика основных показателей экономики научной сфер.....	16
М.М. Бегентаев, А.А. Титков Развитие мирового рынка капитала: вопросы теории и практики.....	21
А.В. Дегтярёв, К.М. Байгушева Обзор методов спектрального анализа при компьютерной диагностике электрических машин	28
Н.К. Дроздова, М.К. Семенова Связь на транспорте и в строительстве	32
С.К. Ельмуратов Применение метода криволинейных сеток к расчету ребристых плит	37
А.К. Ережепова Этапы развития эргономики и методы эргономического анализа.....	43
М.В. Куцевич Диагностика трансформаторов	50
Е.В. Макиевская, Г.Ж. Сакенова, Л.Н. Титаренко, Р.М. Дюсенбаев Ранняя реабилитация после инсульта	56
В.В. Рындин О некоторых особенностях вывода уравнений неразрывности для многокомпонентных смесей с источниками массы и диффузией.....	63
К.Т. Саканов, С.Т. Тотай Интерактивные технологии в учебном процессе.....	73
А.К. Смагулова, С.Н. Коновалов, М.О. Доскельдина, М.П. Корнюхина Эффективность препарата гепадиф у больных хроническим гепатитом С	78
И.Э. Суюнтбеков К вопросу экологической безопасности автотранспортных средств	81

НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПАВЛОДАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМ. С. ТОРАЙГЫРОВА

В.Н. Украинец, С.Р. Гирнис

Исследование НДС окружающего двухслойную оболочку массива при различных скоростях бегущей по её внутренней поверхности периодической нагрузки.....89

В.Н. Украинец, М.К. Бейсембаев, С.Р. Гирнис,

А.К. Тлеулесов

Задача о действии подвижной периодической нагрузки на многослойную тонкостенную оболочку в упругом полупространстве97

Д.А. Умралина

Туберкулёз внутригрудных лимфатических узлов у детей раннего возраста. Особенности рентгеномиотика 105

Р.А. Хайбулина, В.В. Рындин

Автоматизированный расчет гидропривода с использованием системы MathCAD..... 109

Наши авторы..... 119

Правила для авторов..... 121

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели.

Мнение авторов публикаций не всегда совпадает с мнением редакции.

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов.

Рукописи не возвращаются.

При использовании материалов журнала ссылка на «Науку и технику Казахстана» обязательна.

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 621.311.21

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ В НЕСИММЕТРИЧНОЙ СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

С.Т. Амурғалинов, Б.Б. Утеғулов

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова, г. Павлодар

Осы жұмыста, жер салыстырмалы фазалар оңашалау төмен түсіретін өткізгіштік анықтама әдісі, сонымен қатар толық, белсендінің, сыйымдылық, электр торабы фазаларының оңашалауының жер салыстырмалы өткізгіштік әдісі әзірленді. Әдіс белсенді қосымша өткізгіштікті оған және жерімен қосудан кейін фаза күштеулері жер салыстырмалы, ұзындық күштеу модульдерінің мөлшерлерінің өлшеуінде салынған.

In the work is designed method of determination of conductivity, reducing insulating a phase for land, as well as packed, active and capacitive conductivities of insulating the phases to electrical network for land, which based on the value measurement by the modula of single-line voltage, voltages of phase for land before and after connecting between her and land of active additional conductivity.

Тяжелые условия эксплуатации электрооборудования горных машин и комплексов обусловлены спецификой производства, а также влиянием климата метеорологических воздействий на изоляцию электрооборудования и кабельных линий. Выше изложенное приводит к преждевременному выходу из строя изоляции в трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В на экскаваторах и буровых станках. Наиболее частым повреждением изоляции в трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В на горных предприятиях является однофазное замыкание на землю. При повреждении изоляции какой-либо фазы относительно земли, например, при повреждении фазы А электрической сети возникает не симметрия, где выполняются следующие условия

$$U_{\hat{A}} < U_{\hat{A}} < U_{\hat{N}}.$$

Следует отметить, что существующие методы контроля состояния изоляции в симметричной сети при их использовании для сетей с поврежденной изоляцией содержат значительную погрешность. А разработанные методы контроля состояния изоляции в несимметричной сети имеют сложные схемные решения и использование громоздких математических уравнений описывающих параметры изоляции, что приводит к ухудшению получения достоверных результатов при вычислении искомых величин, которыми являются проводимость, приводящая к снижению качества изоляции между одной из фаз электрической сети и землей, а также полная, активная и емкостная проводимости изоляции сети [1].

Определение параметров изоляции в сетях напряжением до 1000 В на горных предприятия при повреждении изоляции какой-либо фазы относительно земли производится путем использования метода определения параметров изоляции в симметричной сети, основанный на измерении величин модулей линейного напряжения, напряжения фазы относительно земли после подключения между ней и землей активной дополнительной проводимости.

По измеренным величинам модулей линейного напряжения – U_{ϵ} и напряжения фазы относительно земли – U_{ϕ} после подключения между ней и землей активной дополнительной проводимости – g_0 с учетом величины активной дополнительной проводимости производится определение полной, активной и емкостной проводимостей изоляции фаз электрической сети относительно земли с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В согласно математическим формулам:

полная проводимость изоляции сети

$$y = \frac{\sqrt{3}U_{\phi 0}}{U_{\epsilon} - \sqrt{3}U_{\phi 0}} g_0, \quad (1)$$

активная проводимость изоляции сети

$$g = \left(\frac{3U_{\phi 0}^2}{U_{\epsilon}^2} - \frac{3U_{\phi 0}^2}{(U_{\epsilon} - \sqrt{3}U_{\phi 0})^2} - 1 \right) 0,5g_0. \quad (2)$$

Для разработки метода определения параметров изоляции в несимметричной сети напряжением до 1000 В уравнение (1) представим в виде: как за параллельные проводимости, одна из которых проводимость изоляции фаз электрической сети – g_1 , которая ухудшает состояние изоляции фазы электрической сети, а другая - известная активная дополнительная проводимость – g_1 , которая подключается между

поврежденной фазой электрической сети и землей. При этом уравнение (1) примет вид

$$y = \frac{\sqrt{3}U_{\phi o1}}{U_{\lambda} - \sqrt{3}U_{\phi o1}}(g_o + g_1) \quad (3)$$

Решая совместно уравнения (1) и (3) получим математическую зависимость определения проводимости снижающей уровень изоляции фазы электрической сети при повреждении изоляции этой фазы относительно земли

$$g_o = \frac{U_{\phi o1}(U_{\lambda} - \sqrt{3}U_{\phi o})g_1}{U_{\phi o}(U_{\lambda} - \sqrt{3}U_{\phi o1}) - U_{\phi o1}(U_{\lambda} - \sqrt{3}U_{\phi o})} \quad (4)$$

Подставив в уравнения (1) и (2) уравнение (4) значение определения проводимости снижающая уровень изоляции фазы электрической сети при повреждении изоляции этой фазы относительно земли получим математические зависимости определения:

полной проводимости изоляции сети

$$y = \frac{\sqrt{3}U_{\phi o}U_{\phi o1}g_1}{U_{\phi o}(U_{\lambda} - \sqrt{3}U_{\phi o1}) - U_{\phi o1}(U_{\lambda} - \sqrt{3}U_{\phi o})} \quad (5)$$

активной проводимости изоляции сети

$$g = \left(\frac{3U_{\phi o}^2}{U_{\lambda}^2} - \frac{3U_{\phi o}^2}{(U_{\lambda} - \sqrt{3}U_{\phi o})^2} - 1 \right) \frac{U_{\phi o1}(U_{\lambda} - \sqrt{3}U_{\phi o})g_1}{2 \begin{bmatrix} U_{\phi o}(U_{\lambda} - \sqrt{3}U_{\phi o1}) - \\ -U_{\phi o1}(U_{\lambda} - \sqrt{3}U_{\phi o}) \end{bmatrix}} \quad (6)$$

Емкостная проводимость изоляции фаз электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В определяется как геометрическая разность полной и активной проводимостей изоляции сети.

Разработанный метод определения проводимости снижающей изоляцию фазы относительно земли, а также полной, активной и емкостной проводимостей изоляции фаз электрической сети относительно земли, основан на измерении величин модулей линейного напряжения, напряжения фазы относительно земли до и после подключения между ней и землей активной дополнительной проводимости.

Разработанный метод не требует создания специального измерительного прибора. В службе эксплуатации системы электроснабжения угольного разреза имеется измерительный прибор вольтметр марки Э-515, с шкалой измерения $U=0 \div 500$ В для измерения напряжения фазы относительно земли, а также имеется сопротивление типа ПЭ-200, с $R=1000,0$ Ом характеризующее активную дополнительную проводимость, которая подключается между измеряемой величиной напряжения фазы и землей.

Разработанный метод определения параметров изоляции в сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В прост, и безопасен при производстве работ в электрической сети под рабочим напряжением. Внедрение метода для контроля состояния изоляции под рабочим напряжением в сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В обеспечивает повышение уровня электробезопасности при эксплуатации экскаваторов на угольных разрезах и на месторождениях добычи полезных ископаемых открытым способом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гладилин Л.В., Щуцкий В.И., Бацезев Ю.Г., Чеботаев Н.И. Электробезопасность в горнодобывающей промышленности. – М.: Недра, 1977. - с. 327.

УДК 666.3.032.65

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ГАЗИМПУЛЬСНОГО ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТРОТУАРНЫХ ПЛИТ ИЗ ПОЛУСУХОЙ СМЕСИ

Ж.Е. Ахметов

Павлодарский государственный университет

им.С.Торайгырова

*Мақалада тротуар плиталарын өндіруге арналган құрылғылар
технологиясы айтылған*

*In article the technology of the device for manufacturing footwalk
plates is described*

Газоимпульсное уплотнение форм обеспечивает хорошее качество уплотнения с технологически необходимым распределением плотности по высоте, высокую производительность и простоту конструкции формовочного агрегата. Широкому же применению этого процесса у нас препятствует нестабильность технологического процесса из-за низкого уровня культуры производства, слабой автоматизации и отсутствия кондиционного сырья в условиях нарушенных хозяйственных связей.

Наличие начальных условий процесса (состава и свойств формовочной и газозвушной смесей) требует в идеале немедленной корректировки рабочего процесса машины для обеспечения необходимого качества формы. К сожалению, вопросы текущего (экстренного) регулирования процесса в технической литературе не рассматриваются.

Получившая наиболее широкое распространение технология газоимпульсной формовки, разработанная фирмой Georg Ficher (Швейцария), предусматривает заполнение формы смесью, соединение полости формы с камерой сгорания, подачу газа, зажигание газозвушной смеси и уплотнение смеси. Используемая при этом установка схематически изображена на рисунке 1. Воздух, находящийся в камере сгорания, и газ, поступающий под небольшим избыточным давлением, интенсивно перемешиваются вентилятором с изменяемой частотой вращения с целью регулирования скорости движения газозвушной смеси. Эта скорость

может достигать 50 м/с, а давление смеси при зажигании – 0,45 МПа. Такого давления достаточно для действия на смесь с целью её ускоренного перемещения по направлению к формуемой оснастке и достижения необходимой степени уплотнения формы. Регулирование скорости движения газозвушной смеси и перепада давления при взрыве осуществляется с учетом свойств смеси.

Механизм уплотнения смеси при газоимпульсном нагружении можно представить следующим образом. При сгорании газовой смеси образуется волна давления, воздействующая на формовочную смесь. Волна давления характеризуется следующими параметрами: максимальное давление, время нарастания давления до максимума над смесью. Максимальное давление, возникающее при сгорании газовой смеси, зависит от объема газа и стехиометрического состава газов. Время нарастания давления в камере сгорания регулируется однородностью перемешивания газа с воздухом, что осуществляется с помощью вентилятора и дефлектора, а также источником зажигания. Формирование волны давления происходит постепенно с выгоранием газовой смеси и достигает своего максимума при полном сгорании газового топлива. Волна давления, проходя через массив формуемой смеси, разрушает связи между частицами смеси и препятствует их восстановлению, а также приводит смесь в движение, то есть разгоняет.

Верхний слой смеси воздействует на следующий слой и далее, двигаясь вместе, они деформируют третий слой и т.д. до плиты установленной формы. При разгоне формуемая смесь приобретает запас кинетической энергии, расходуемой на уплотнение смеси при её торможении о плиту, а затем о тормозившийся слой. На каждый нижележащий слой воздействует движущиеся массы всех вышележащих слоев. С увеличением скорости разгона и массы вышележащих слоев смеси увеличивается приобретаемая ими кинетическая энергия и возникающие при торможении напряжения сжатия, обеспечивающие плотную упаковку частиц смеси.

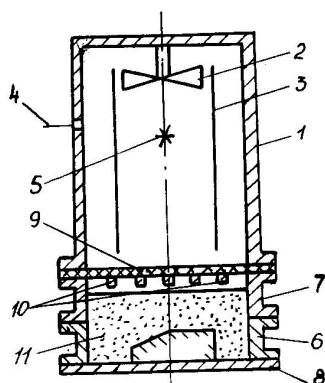


Рисунок 1– Газоимпульсная машина, разработанная фирмой Georg Ficher (Швейцария)

На таких машинах в широких пределах изменяется скорость уплотнения. Влияние данной скорости обосновывается действием тиксотропного разупрочнения бентонита имеющегося в составе уплотняемого материала [1] при ударной деформации. Водная прослойка между частицами бентонита сначала уменьшает свою связь, смесь в момент уплотнения становится более способным к скольжению и более подвижным во всех направлениях. Уплотнение формы становится равномерным за счет высоких скоростей и позволяет ожидать более высокую точность размеров и качество поверхности.

На основании проведенных анализов и теоретических расчетов и проведения экспериментальных исследований был изготовлена установка для прессования методом газоимпульсного уплотнения сыпучих и порошкообразных смесей с влажностью 4-12%, представленная на рисунке 1. Установка состоит из электродвигателя 1, вентилятора 2, камеры сгорания 3, перфорированного дефлектора 4. Перфорация представляет собой отверстия (для обеспечения равномерности перемешивания газа с воздухом) диаметром 20 мм, расположенные в шахматном порядке. Дефлектор выполнен с отверстиями, оси которых расположены под углом 45-60° к оси устройства и направлены в сторону выходного отверстия. В верхней части перфорированного дефлектора находится крыльчатка вентилятора, укрепленная на валу электродвигателя с регулируемой скоростью вращения, посредством упругой муфты 5. Вентилятор может вращаться со скоростью 1380 – 2745 об/мин. В геометрическом центре дефлектора находится запальное устройство 6 (авиационная свеча).

В нижней части устройство для уплотнения смеси содержит поршень 7, возвратный механизм 8 и плунжер 9. На конец плунжера с наружной стороны устанавливается рабочая насадка 10, которая в зависимости от формы изготавливаемой тротуарной плитки имеет различную конфигурацию. Рабочая насадка крепится к плунжеру при помощи фиксатора 11.

Под плунжер подается форма со смесью. Подача форм производится автоматически при помощи конвейера 12.

Устройство работает следующим образом. В камеру сгорания 3 подается порция горючего газа, необходимая и достаточная для получения газоздушной смеси стехиометрического состава. Включается вентилятор, который работает до момента подачи электрических импульсов на зажигание. Газоздушная смесь подается системой дозирования, которая состоит из газового дозатора 13 с электроконтактным клапаном. Газоздушная смесь перемешивается воздухом при помощи вентилятора, находящимся в камере сгорания.

При помощи вентилятора 2 и дефлектора 4 создается направленный поток этой смеси, который за определенный промежуток времени доводит смесь до необходимого стехиометрического состава. Блок запального устройства подает серию электрических импульсов на зажигание, газоздушная смесь поджигается, происходит экзотермическая реакция, сопровождающаяся резким возрастанием давления над поршнем, которая при помощи жестко соединенного плунжера с закрепленной к нему насадкой, перемещающегося в направлении формы, передает давление на смесь, за счет чего производится непосредственное уплотнение смеси. Скорость возрастания давления равна скорости распространения взрывной волны [2].

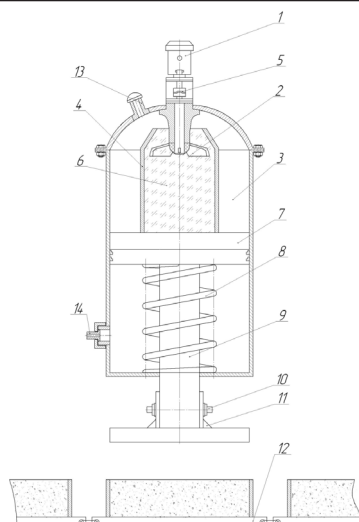


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки

Система зажигания обеспечивает непрерывное получения искрового разряда длиной не менее 0,003 м в течение 0,5...6 с [3].

Для возврата поршня в исходное положение используется энергия упругого элемента 9, после выхода продуктов сгорания в атмосферу через газоотводную трубу 14.

Управление технологическим процессом производства тротуарных плит производится дистанционно через панель управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Йорн. Метод импульсной формовки «Георг Фишер» - современная концепция повышения экономичности и эффективности литейного производства. Литейное производство и технология дробеструйной очистки, 1986.

2. Процесс Seiatsu. Проспект фирмы Wagner-Sinto, Maschinentabrig Gmb, Germany, 1995.

3. Ботов А.П. Разработка и внедрение газоимпульсного процесса и оборудования для изготовления песчаноглинистых форм отопительных радиаторов: дисс. канд. техн. наук. – М.: МАДИ, 1991. – 214 с.

УДК 001.003

ДИНАМИКА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИКИ НАУЧНОЙ СФЕРЫ

М.М. Бегентаев*Павлодарский государственный университет**им.С.Торайгырова*

Мақалада Қазақстандағы экономиканың ғылыми өріс әсері, негізгі көрсеткіштің сипаттамасы мен негізгі факторлары қарастырылады.

The article examines the main factors and characteristics of the main indicators that affect the economy of the scientific sphere of Kazakhstan.

Основным фактором, влияющим на экономику науки, является востребованность результатов научного труда. При отсутствии востребованности, даже актуальное открытие, разработка не будет иметь современного практического значения, а только потенциальное. Как известно, одним из крупнейших потребителей результатов научно-технических разработок является промышленность. Поэтому степень востребованности научно-технических разработок зависит от развития наукоемких отраслей и производств в промышленности и, в первую очередь, обрабатывающей промышленности.

Невостребованность научных разработок и, как следствие, низкий уровень инновационной активности в промышленности обусловлены недооценкой роли науки в реформировании экономики, в то время как повышение производительности факторов производства возможно именно за счет научно-технического и инновационного прогресса. При этом казахстанская наука по ряду направлений обладает достаточным потенциалом.

Так, например, атомная наука и техника республики, сосредоточенная в РГП «Национальный ядерный центр РК», служат тем базисом, на котором возможно эффективное развитие современных ядерно-физических технологий во многих областях нашей жизни, включая

ядерную энергетику. Три из четырех имеющихся в республике ядерных реакторов используются в научных целях [1, с.2]. В настоящее время большинство работ казахстанских ученых-ядерщиков проводится по контрактам с зарубежными организациями, что подтверждает их высокую квалификацию и позволяет ее сохранить. Тем не менее без реального развития атомной энергетики республика постепенно теряет лидирующую роль в этой перспективной и наукоемкой области, все больше превращаясь в поставщика сырья для атомной энергетики других стран [2, с.26].

Большой вклад в разработку технологий использования золошлаковых отходов в производстве строительных материалов, коагулянтов, глинозема и других видов продукции вносили и вносят казахстанские ученые. Они (с достаточно интересными результатами) провели значительный объем научно-исследовательских работ по методам переработки золошлаковых отходов. Так, в начале восьмидесятых годов в городе Аксу Павлодарской области на базе кирпичного завода была запущена технологическая линия по производству кирпича на основе зол от сжигания Аксуской ГРЭС. Кирпич использовался в гражданском строительстве и пользовался большим спросом. В настоящее время этот завод находится в полуразрушенном состоянии. Есть опыт использования золы Петропавловской ТЭЦ в дорожном строительстве [3, с.30].

Научно-исследовательские работы, проведенные в свое время Казахстанским политехническим институтом (Алматы), позволяют надеяться, что внедрение технологии на основе проведенных НИР в промышленном масштабе откроет для энергетиков Казахстана совершенно новый в экологическом плане аспект бизнеса по переработке золошлаковых отходов с извлечением ценных металлов и получения дефицитных продуктов. Однако существуют проблемы, сдерживающие внедрение эффективных технологий на основе НИР, из которых самой серьезной является значительная доля риска в реализации положительного результата. Предлагаемые технологии достаточно затратные и для их внедрения нужны серьезные полупромышленные и промышленные испытания, особенно в технологиях извлечения металлов [3, с.31].

Учеными Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова разработан препарат «пероил», который позволяет производить глубокую очистку почвы от нефтезагрязнений. Благодаря разработке, степень очистки почвы на территории нефтедобывающей компании «Харрикеин Оил Продакс» достигла 92%. Университетом также предложен способ получения нефтебитума на основе гудрона кумкольской нефти с использованием в качестве модификаторов госсиполовой смолы и отработанных автопокрышек, что позволит снизить себестоимость битума на 30-40 долларов [4, с.69].

Англо-итальянским издательством выпущена монография казахстанских ученых Б. Жумагулова и В. Монахова «Гидродинамика нефтедобычи», к которой интерес мировых нефтяников оказался более чем высокий [5, с.2].

В республике имеется большое количество (13600 документов) научно-технических разработок, готовых к практическому использованию. Казахстанскими учеными за 10 лет получено 877 патентов, разработано 136 образцов техники. Процент внедрения максимален в работах медико-биологического направления (78,9%) и аграрного профиля (75%). Однако специалисты даже для медицинской науки отмечают недостаточное внедрение современных научных разработок в практическое здравоохранение [6, с.41]. В науках о Земле результаты 50,1% работ используются в практике, химико-технологических – 23,6%, физико-математических – 15,0% [7, с.27-28]. Казахстанским государственным институтом научно-технической информации подготовлен каталог с кратким описанием более 200 отечественных разработок, почти полностью готовых к реализации, требующих более 2 млрд. долларов инвестиций [8].

Уровень научного потенциала отдельных направлений Казахстана позволяет на равных сотрудничать со странами-лидерами мировой науки. Так, с США подписаны и реализуются Соглашения о сотрудничестве в области космических исследований, пользования ядерной энергии в мирных целях. Доступ к казахстанской науке может оказаться небесполезным для иностранных партнеров. По оценкам экспертов ООН, которые в 1994 году исследовали сферу науки в Казахстане и высоко определили ценность казахстанских институтов высоких технологий, преимущества республики состоят в сравнительно низких издержках получения конечного результата. Имеются примеры обоюдовыгодного использования этого фактора в виде создания СП «КК Интерконнект» по выпуску печатных плат. Оно построено в рамках конверсии по программе американского правительства «Совместное прекращение угрозы» на базе Семипалатинского ядерного полигона в городе Курчатове при участии корпорации КРАС. Оно оснащено новейшей технологией и оборудованием [9, с.450].

Институтом атомной энергии НЯЦ РК по контрактам с японскими организациями ведется исследования процессов по проекту COTELS и EAGLE. Институт ядерной физики НЯЦ РК выполняет исследования на объекте «Лира» в Западном Казахстане. Совместно с российскими учеными ведется строительство Казахстанского токамака материаловедческого (КТМ) в городе Курчатове и предпринимаются меры по организации Международной лаборатории КТМ [10, с.34].

Помимо сотрудничества с развитыми странами мира, возможно научно-техническое сотрудничество со странами Центральной Азии в направлениях: комплексное использование минерального сырья на основе ресурсосберегающих технологий; развитие новых промышленных и космических технологий; использование методов биотехнологий и генной инженерии в медицине, сельском хозяйстве и промышленности; создание современных систем коммуникаций и связи и другие [11, с.274].

В целом основные показатели научной сферы Казахстана можно характеризовать следующим образом.

Наблюдается небольшой удельный вес работников сферы НИОКР, а также невысокий качественный уровень кадров, как в количестве кадров высшей научной квалификации, так и по возрастным оценкам, что было отмечено еще в 1994 году Г. Китовой [12, с.116-117]. Однако имеются достаточные потенциальные возможности по улучшению ситуации с кадрами. По имеющимся признакам (увеличение работников, выполняющих НИОКР, в вузах, на фоне снижения их в остальных организациях [7, с.17]; низкий уровень зарплаты, вынуждающих исследователей к совместительству) можно утверждать о невысокой эффективности использования рабочего времени исследователя, его «производительности».

Сложился низкий в целом уровень материально-технической базы науки. Основные средства научно-технической деятельности серьезно изношены, мала доля активной части основных фондов, при этом значителен моральный износ исследовательского оборудования.

В настоящее время расширились возможности доступа казахстанских ученых в систему мировой научной информации.

Указанные проблемы казахстанской науки во многом обусловлены недостаточностью, неритмичностью и размытостью бюджетного финансирования науки. Также недопустимо низки затраты на НИОКР из всех источников финансирования, грозящее разрушением научно-технического потенциала [7, с.44]. Наблюдается нерациональная структура расходов по видам исследовательских работ, свидетельствующая о недостаточном уровне внедрения научно-технических разработок.

Это, в свою очередь, связано с тем, что в экономике страны, имеющей сырьевую направленность, не приобрели достаточного веса инновационные научно-технические процессы. Отрасли промышленности и сельского хозяйства, традиционно связанные с устаревшими технологическими укладами, оставались и остаются невосприимчивыми к передовым технологиям.

Помимо того, имеет место слабая адаптированность отечественной науки к условиям рыночной экономики, отсутствие действенных

механизмов доведения научно-технологической продукции до уровня товара и, как следствие, низкий в целом уровень инновационных предложений. Отсутствуют стимулы для отечественных финансовых институтов к инвестициям в обрабатывающие секторы экономики и НИОКР.

В то же время отдельные сектора казахстанской науки, например, связанные с исследованиями в ядерной физике и атомной энергетике, с космосом, имеют достаточные кадровые и материально-технические ресурсы, позволяющие им экономически эффективно вести НИОКР на основе договорных отношений. В наиболее развитых отраслях казахстанской науки активизируются процессы интеграции с мировой наукой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перспективы атомной энергетики // Казахстанская правда. 12.03.2003, №69 – 2 с.
2. Балхашская АЭС: безопасность гарантируется. // Промышленность Казахстана. 02.2003. – 26-28 с.
3. Спасов Е., Банных Г. Утилизация и использование золошлаковых отходов. // Промышленность Казахстана. 02.2003. – 29-31 с.
4. Технологии нового образования // Деловой Мир. №27, 2003 – 68-69 с.
5. Академик Жумагулов: Вся жизнь – наука // Казахстанская правда. 15.08.2003, №233-235 – 2 с.
6. Куралова М., Сухова Л. Использование достижений науки и техники учреждениями здравоохранения. // Транзитная экономика. 2003, №2 – 36-42 с.
7. Актуальные вопросы формирования и использования информационных ресурсов научно-технической информации: Сб. науч.тр. / под ред. Кембаева Б.А. – Алматы: КазгосИНТИ, 2001 – 304 с.
8. Перспективы инновационного развития. // Казахстанская правда. 5.04.2003, №96-97 – 6 с.
9. Кенжегузин М.Б. Экономика Казахстана на пути преобразований. Алматы: ИЭ МОН РК, 2001 – 484 с.
10. Жданова Н. Итоги ядерного века // Промышленность Казахстана. 02.2003. – 32-34 с
11. Алышбаева А.Ж., Арынов Е.М., Байрамов Д. и др. Постсоветская Центральная Азия: стратегия и приоритеты экономического развития. – Алматы: КИСИ, 1994 – 276 с.
12. Китова Г.А. Научный потенциал республик бывшего СНГ: особенности развития в новых условиях // Проблемы прогнозирования. 1994, №6 – 107-121 с.

УДК 339.72

РАЗВИТИЕ МИРОВОГО РЫНКА КАПИТАЛА: ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

М.М. Бегентаев, А.А. Титков

Павлодарский государственный университет

им.С.Торайгырова

Мақалада әлемдік нарық капиталының даму ерекшелігі мен қазіргі тенденция, оның формасы мен түрі, әлемнің дамыған елдері мен даму аралығындағы құрылысы қарастырылған.

The article reviews current trends and features of the world capital market, its forms and types, structuring between developed and developing countries.

Мировой рынок капитала – представляет собой сферу обращения капитала между государственно обособленными хозяйствующими единицами. мировой рынок капитала начал формироваться в условиях роста вывоза капитала из промышленных развитых стран в конце XIX века и получил развитие в современных условиях, когда масштабы вывоза капитала в разных формах достигли значительных размеров и движение капитала между странами было либерализовано. Мировой рынок капитала связан с национальными рынками, но в то же время обособлен. Он более подвержен действию рыночных сил, чем национальные рынки, так как последние в большей степени регулируются со стороны государства. На мировом рынке капитала складываются условия приложения разных форм капитала на базе конкуренции между странами, вывозящими капитал, и странами-реципиентами, принимающими капитал.

Страны, заинтересованные в мобилизации капитала на мировом рынке, стремятся к созданию благоприятного инвестиционного климата для привлечения иностранных инвесторов, последние же имеют возможность выбора для решения вопроса о вложениях в ту или иную страну.

Мировой рынок капитала подразделяется на два вида:

- рынок предпринимательского капитала;

- рынок финансового капитала.

Для вложений предпринимательского капитала имеют значение не только текущие условия его приложения, но и стратегические цели, которые преследует компания, вкладывающая капитал в какую-либо страну - завоевание новых рынков, снижение издержек производства и т.п.

Для вложений капитала в виде портфельных инвестиций (покупка пакетов акций) и ссудного капитала (кредиты и займы) первостепенное значение имеют возможности получения доходов на капитал, определяемые размерами дивидендов, процентов, а также курсом национальной валюты, уровнем налогообложения.

За последние годы рынку мирового капитала присущи особенности, представленные в соответствии с рисунком 1.

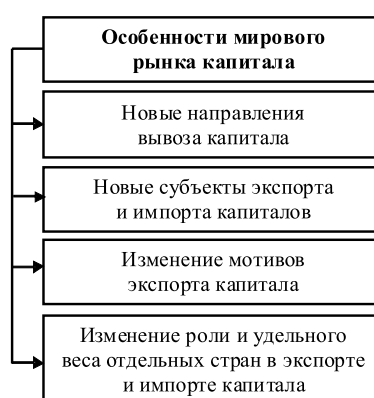


Рисунок 1 – Особенности мирового рынка капитала

Одним из лидеров в экспорте капиталов стала Япония, на долю которой за все последние годы приходилось 53% вывозимого из всех стран капитала. Второе место в экспорте занимает Швейцария, на долю которой приходится только 8 % вывозимого капитала.

Отличительной чертой последних десятилетий стало то, что США из крупнейшего в прошлом экспортера капитала превратился в самого крупного импортера, на долю которого приходится около 30 % импорта капитала. За США идут Великобритания - 9 % и Канада - 8%.

За последние 20 лет среди крупнейших мировых экспортёров капитала так же были такие развивающиеся страны, как Тайвань - 6 % вывозимого капитала, Гонконг - 5 %, Китай - 2,5 % и другие. Если в предыдущие десятилетия в мировой экономике преобладали прямые инвестиции, то на современном этапе формой движения мирового капитала стал ссудный капитал и ценные бумаги.

Динамика экспорта и импорта капитала по отдельным странам мира представлена в соответствии с рисунками 2 и 3.

Названные изменения обуславливают и изменение роли отдельных стран в обслуживании движения капиталов между ними. Если в предыдущие десятилетия основную роль на рынке капиталов играли американские банки, то в современных условиях они уступают японским банкам. Это же касается и фондового рынка. Значительную часть мирового фондового рынка обслуживает Токийская фондовая биржа.

Особенностью последних десятилетий является также то, что наибольшая интенсивность мирового рынка капиталов приходится на Европу. Этому способствуют интеграционные процессы, снятие многих регламентаций, регулирующих экспорт и импорт капиталов. На Западную Европу приходится значительная часть американского и японского экспорта капитала.

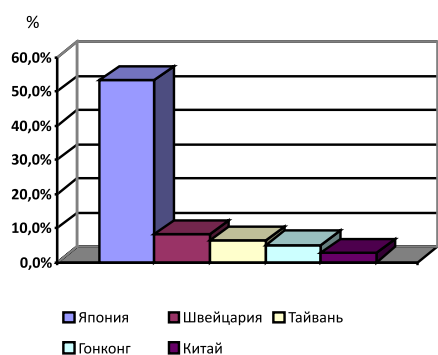


Рисунок 2 - Динамика экспорта капитала по отдельным странам мира

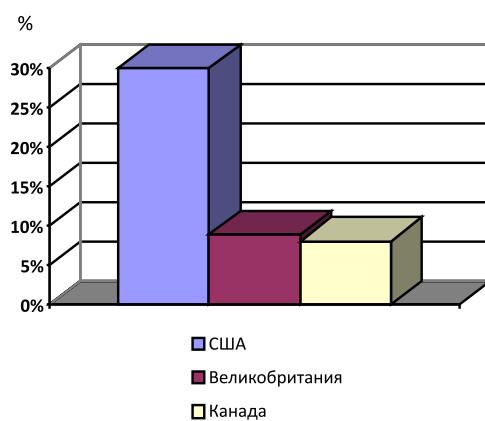


Рисунок 3 - Динамика импорта капитала по отдельным странам мира

Еврорынок становится составной частью мирового рынка капиталов. Например, на мировом рынке облигаций теперь осуществляется купля-продажа иностранных облигаций и еврооблигаций. Иностранные облигации обычно выпускаются в определенной стране, выражены в национальной валюте и продаются на определенной фондовой бирже данной страны. Еврооблигации, как и другие элементы еврорынков, утрачивают национальную принадлежность, не имеют территориальной привязанности, могут быть размещены в ряде международных банков. Иностранные облигации выпускаются не в стране-заемщике, а в стране-кредиторе, что обязывает эмитента подчиняться законам о регулировании рынка ценных бумаг, принятым в стране, где осуществляется эмиссия. Еврооблигации размещаются быстрее и с меньшими издержками, они не подвергаются регламентации со стороны национальных законодательств.

В значительной степени рынок капитала изменялся под влиянием экономических тенденций в странах утраченного социалистического лагеря. Страны бывшего социалистического лагеря нуждаются в притоке капитала по следующим причинам:

- необходимость эффективной структурной перестройки экономики;
- потребность в ускорении переориентации промышленности на индустриально-инновационный путь развития;
- потребность в реконструкции, модернизации и техническом перевооружении действующих производств.

Основными кредиторами бывших стран социалистического лагеря являются: Германия, США, Япония, МВФ, Мировой банк реконструкции и развития.

Так, например, за счет притока иностранного капитала в развивающихся странах СНГ был создан целый ряд совместных предприятий, стал развиваться сектор инновационного производственного предпринимательства, повысился уровень интенсификации экономики за счет новой техники и технологий.

Существенная часть международной миграции капитала приходится на прямые зарубежные инвестиции. В соответствии со статистикой платежного баланса Международного валютного фонда, прямые зарубежные инвестиции - это вид международной инвестиционной деятельности, заключающийся в приобретении резидентом одной страны (прямым инвестором) устойчивого влияния на деятельность предприятия, являющегося резидентом другой страны (предприятия прямого инвестирования). Прямые инвестиции подразумевают установление долгосрочных отношений между прямым инвестором и предприятием,

являющимся объектом прямых инвестиций, а также существенную роль инвестора в управлении этим предприятием. Пропорция, которая определяет существенность этой роли, различается по странам. В целях обеспечения сопоставимости статистического учета прямых инвестиций в системе национальных счетов, в статистике платежного баланса международного валютного фонда и других международных организаций прямым зарубежным инвестированием признается всякое вложение капитала (путем кредитования или приобретения акций), если инвестор располагает или получает не менее 10% простых акций или голосов (для корпоративного предприятия) или соответствующий эквивалент собственности (для некорпоративного предприятия).

Прямое инвестирование не всегда связано с непосредственным движением капитала из страны в страну. Часто, родительская компания, средства, необходимые для вложения физического капитала, получает в самой принимающей стране в виде кредита, а свой вклад в предприятие ограничивает так называемыми нематериальными активами - торговой маркой, производственным и управленческим опытом. Когда предприятие становится прибыльным, оно начинает развиваться за счет реинвестирования прибылей.

С увеличением в последние десятилетия масштабов прямого зарубежного инвестирования связано возникновение и быстрое развитие международных корпораций — крупных компаний, осуществляющих инвестиции и имеющих филиалы и дочерние компании во многих странах мира.

Международные корпорации бывают двух основных видов:

- транснациональные корпорации (ТНК), в которых головная компания принадлежит капиталу одной страны;
- многонациональные корпорации (МНК), в которых головная компания принадлежит капиталу двух и более стран.

Большая часть современных международных корпораций имеет форму ТНК. ТНК играют исключительно важную роль в мировом хозяйстве. По данным регулярно публикуемого доклада ЮНКТАД о мировых инвестициях, в категорию транснациональных компаний входит более 39 тыс. компаний, а число их зарубежных филиалов превышает 270 тыс.

Накопленный во всем мире объем прямых зарубежных инвестиций составляет более 2,7 трлн. долл., а стоимость продукции зарубежных филиалов ТНК - более 6% мирового ВВП. На внутрикорпорационные поставки ТНК приходится около трети всей мировой торговли.

Единого теоретического объяснения феномена ТНК пока не существует. Стремление крупных компаний вкладывать капитал за границу, создавая филиалы и дочерние предприятия, может быть объяснено целым рядом причин.

Важной особенностью прямого инвестирования является то, что прямые инвесторы могут получать дополнительные экономические выгоды, вытекающие из факта владения решающим голосом в управлении предприятием. Например, прямой инвестор может в результате такого вложения капитала получить доступ к ресурсам или рынкам, которые в противном случае были бы ему недоступны. В этом случае зарубежное инвестирование становится важным инструментом конкурентной борьбы, когда ТНК, являясь монополистами на внутреннем рынке страны базирования, стремятся усилить свое монопольное положение путем захвата новых рынков и приобретения контроля над предприятиями в зарубежных странах. Кроме того, вложив капитал в недостаточно прибыльное предприятие, прямой инвестор может повысить его рентабельность и стоимость благодаря своим административным способностям, управленческому опыту или компетентности в других областях. Наконец нестабильность рынка побуждает ТНК в целях минимизации риска диверсифицировать свои активы, в том числе географически.

Одна из важных проблем, порождаемых ТНК, - трансфертные цены. Поскольку ТНК размещает разные стадии единого технологического процесса в разных странах, между ее зарубежными филиалами и головной компанией происходит интенсивный товарообмен. Однако цены внутрикорпорационной торговли (трансфертные цены), как правило, существенно отличаются от рыночных цен. Манипулируя уровнем трансфертных цен, ТНК стремятся уходить от налогообложения, минимизировать таможенные пошлины, нелегально переводить прибыли за границу, что подрывает эффективность экономической политики государства. Кроме того, поскольку на внутрикорпорационную торговлю приходится значительная часть всей мировой торговли, трансфертные цены искажают реальные данные о ее структуре и динамике.

Международные корпорации своей деятельностью оказывают сильное воздействие на экономику, как страны базирования, так и принимающих стран. Стандартный анализ воздействия прямых заграничных инвестиций на благосостояние дает те же результаты, что и анализ международного кредитования: чистый выигрыш получает и страна базирования (за счет более эффективного использования имеющегося капитала), и принимающая страна (за счет притока нового капитала).

Несмотря на это, ТНК часто встречаются с серьезной оппозицией, основные претензии к ТНК в странах базирования заключаются в экспорте рабочих мест, что ведет к сокращению занятости, и в уклонении с помощью зарубежных филиалов от уплаты налогов, что наносит ущерб

государственному бюджету. В принимающих странах кроме сопротивления со стороны местных производителей, которые не в состоянии успешно конкурировать с ТНК, особое опасение вызывают сами масштабы деятельности ТНК. Обладая колоссальными производственными и финансовыми ресурсами, международные корпорации в состоянии захватить ключевые позиции в экономике, ставя под угрозу экономическую безопасность принимающих стран, и даже оказывать на них политическое давление. В целом, если в странах базирования ТНК все чаще ставится вопрос о необходимости налогообложения оттока прямых инвестиций, то в принимающих странах (особенно развивающихся и странах с переходной экономикой) чаще проводится политика создания дополнительных стимулов для привлечения прямых зарубежных инвестиций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хантингтон С. Столкновение цивилизаций. – М., 2005.
2. Сидоров О. Влияние транснациональных корпораций на экономику. Интернет ресурс: www.gazeta.kz.
3. Галицкий Т. Как Казахстан превратился в азиатского «тигренок». 27 января 2007. Интернет ресурс: www.day.kiev.ua.

УДК 621.397.442

ОБЗОР МЕТОДОВ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

А.В. Дегтярёв, К.М. Байгушева

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова, г. Павлодар

Мақалада электрлік машиналардың компьютерлік диагностикадағы қолданылатын спектрлік талдау әдістері, Вейвлет-талдауының салыстырмалы сипаттамалары қарастырылады.

The methods of spectral analysis used in computer diagnostics of electric machines, comparative descriptions of one method of Wevelet-analysis are considered.

Анализ аварийных и аномальных режимов работы электрических машин указывает на то, что для уменьшения времени восстановления поврежденного элемента и повышения их надежности требуется автоматический контроль, регистрация и спектральный анализ процессов на основе современных методов и высокопроизводительной компьютерной техники [1].

По мере развития в электроэнергетике непрерывно появляются новые устройства регистрации и средства обработки информации. В настоящее время используются цифровые измерительно-информационные системы. На первый план выдвигается задача оперативного получения информации о протекании процессов в электрических машинах, обработки и анализа сигналов в целях своевременного диагностирования повреждений и ненормальной работы.

Для решения задачи получения информации о протекании процессов с требуемой точностью и оперативностью, в настоящее время получили развитие методы диагностики, основанные на мониторинге параметров отдельных элементов с последующим выполнением спектрального анализа полученных сигналов.

Физический принцип, положенный в основу работы диагностического комплекса, заключается в том, что любые возмущения в работе

электрической или механической части электрической машины приводят к изменениям магнитного потока в зазоре электрической машины и, следовательно, к слабой модуляции потребляемого тока [2].

Таким образом, наличие, например, в спектре тока характерных частот свидетельствует о наличии повреждений электрической или механической части электродвигателя и связанного с ним приводного механизма, что может повлечь за собой остановку сложных технологических процессов, поэтому необходимо наиболее точный метод спектрального анализа.

На сегодняшний день наиболее известны такие методы спектрального анализа, как [3]:

Разложение в ряд Фурье. Анализ периодических сигналов сложной формы энергосистем нередко осуществляют путем разложения его на гармонические составляющие в ряд Фурье.

Анализ сигналов, представленных дискретно. После аналого-цифрового преобразования непрерывный сигнал представляется совокупностью его мгновенных значений - выборок.

Быстрое преобразование Фурье. Идея быстрого преобразования заключается в рекуррентном применении основополагающих выражений дискретного преобразования Фурье к анализируемому сигналу. Существуют различные алгоритмы БПФ, отличающиеся друг от друга способами разделения выборок на подгруппы и требованиями, предъявляемыми к числу одновременно обрабатываемых выборок.

Гармонический анализ с помощью интеграла Фурье. Представление временной функции рядом Фурье справедливо только в тех случаях, когда функция наблюдается в бесконечных пределах.

Разложение сигнала на прямоугольные функции. Гармонический анализ широко применяется в электротехнике как основное средство анализа линейных систем. Однако разложение сложных функций на гармонические составляющие не является единично возможным, существует способ разложения сигналов на прямоугольные функции, в частности функции Уолша. Кроме функций Уолша известны прямоугольные функции, например Радемахера, Адамари и Пэли.

Преобразования Фурье, Уолша и им подобные обеспечивают хорошие результаты при анализе стационарных сигналов, но при рассмотрении непериодических сигналов или, например, нестационарных процессов с применением преобразования Фурье возникают проблемы. Действительно, обобщенная спектральная характеристика процесса в целом не позволяет определять моменты возникновения локальных изменений в сигнале, например появления или исчезновения отдельных гармонических составляющих, анализ Фурье не позволяет выявить локальные частотно-

временные возмущения сигнала, т.е. одновременно представлять сигнал и во времени и по частоте и тем самым адекватно представлять сигнал его частичным спектром.

Желание видеть весь процесс в целом и одновременно иметь детальные представления о локальных особенностях сигнала привело к новому методу спектрального анализа – волновому (Вейвлет-анализ).

Вейвлет-преобразования не так хорошо и широко известно, поскольку применяются сравнительно недавно и математический аппарат находится на стадии разработки. В буквальном переводе с английского языка слово “wavelet” означает-“маленькая волна”, такое название объясняется формой функций, используемых в вейвлет-анализе. Термин вейвлет-анализ по смыслу аналогичен термину Фурье-анализ. В обоих случаях речь идет о представлении исследуемого процесса в виде линейной комбинации различных функций, именуемых базисом соответствующего преобразования. Для вейвлет-анализа характерно понятие масштаб (scale), графическое представление в виде диаграммы специального вида именуется скейлограмма или скалограмма (scalogram). Под масштабом следует понимать колебательные процессы различной периодичности. Будем говорить, что низкочастотные колебания имеют более крупный масштаб, а высокочастотные - более мелкий. Вейвлет-анализ называют “микроскопом”, поскольку он позволяет исследовать каждый масштаб с необходимой и достаточной для него разрешающей способностью.

Вейвлет-преобразование в большой степени позволяет преодолеть перечисленные недостатки преобразования Фурье, поскольку базисные функции Вейвлет-преобразования обладают свойством *временной локализации*, т.е. обладают конечной энергией (нормой):

$$E_f = \int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt < \infty$$

Как и для преобразования Фурье, для построения базиса Вейвлет-преобразования используется одна функция, именуемая *материнским вейвлетом* (mother wavelet).

Таким образом, можно сделать вывод, что в отличие от традиционного применяемого для анализа сигналов преобразования Фурье, Вейвлет - преобразование обеспечивает двумерную развёртку исследуемого одновременного сигнала, при этом частота и координата рассматриваются как независимые переменные. В результате, появляется возможность анализировать свойства сигнала одновременно в физическом (время координата) и в частотном пространствах, что увеличит чувствительность и коэффициент полезного действия при компьютерном диагностировании электрических машин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шмурьев М.Н. Цифровая регистрация и анализ аварийных процессов в электроэнергетических системах / М.Н. Шмурьев – М.: НТФ «Энерго-прогресс», 2004. – 96 с.:ил. (Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик», Вып.2).

2. W. T. Thomson : «A Review of On-Line Condition Monitoring Techniques for Three-Phase Squirrel-Cage Induction Motors -Past Present and Future» Keynote address at IEEE Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drives, Gijon, Spain, Sept. 1999 - pp7 3-18.

3. Харкевич А.А. Спектры и анализ / А.А. Харкевич – 4-е изд. -М.: Гос. изд-во физико-мат. лит-ры, 1962. – 251с.

УДК 654.1.026

СВЯЗЬ НА ТРАНСПОРТЕ И В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Н.К. Дроздова, М.К. Семенова*Павлодарский государственный университет**им. С. Торайгырова*

*Көлік пен құрылыстағы байланыс құралдарының ролі
қарастырылған.*

Role of communication facilities in transport and construction.

С каждым годом растет объем грузовых и пассажирских перевозок. Интенсификация работы автомобильного транспорта требует совершенствования систем управления перевозочным процессом. Технической основой системы управления являются средства связи, обеспечивающие оперативную передачу всех команд управления и получения обратной информации об их выполнении. Средства связи стали неотъемлемой частью любого технологического процесса, а также важнейшим фактором, влияющим на повышение производительности труда и безопасности движения [1].

Основными средствами связи на дорогах Республики Казахстан являются проводная телеграфная и телефонная связь, а также радиосвязь [1].

Резкое увеличение потоков информации, вызванное внедрением автоматизированных систем оперативного управления работой автомобильных дорог, требует автоматизации и дальнейшего развития всех видов внутридорожной информационной связи, модернизации устройств и расширения сети связи [1].

Для организации всех видов связи используются воздушные и кабельные линии связи [1].

Каблирование магистральных линий связи производилось на участках, вдоль электрифицированных железных дорог на переменном токе, так как из-за опасных влияний, наводимых контактной сетью, воздушные линии работать не могут. Помимо снижения затрат на эксплуатационные

расходы, каблирование позволяет получить достаточное количество каналов связи высокого качества.

Для организации магистральной связи сооружаются двух - или трехкабельные линии с использованием магистральных симметричных высоко частотных кабелей типов: МКБАБл-60, МКБАШп-60, МКПАБл, МКСАБп и д.р. В качестве каналобразующей аппаратуры на двухкабельных линиях используется аппаратура К-60п, позволяющая по двум четырех - четверочным кабелям организовать до 480 каналов. Для организации станционных технологических связей применяется двухкабельная аппаратура К-24Т («Астра») или однокабельная типа К-12+12, позволяющие на промежуточных усилительных пунктах параллельно выделить 12 или 6 каналов. Для подтягивания абонентов дорожных пунктов и малых станций к центральным пунктам выделения каналов разработана трехканальная аппаратура К-3Т [1].

Оперативно - технологическая связь в пределах крупных станций организуется с помощью аппаратуры избирательной связи с тональным избирательным вызовом. Взамен имеющихся коммутаторов станционной связи типа КАСС разработан коммутатор КТС [1].

В соответствии с планом развития и внедрения новой техники и прогрессивной технологии на автомобильном транспорте ведется разработка комплекса унифицированных средств связи для модернизации действующих и строительства новых сетей телефонной оперативно - технологической связи [1].

В настоящее время телефонная сеть общей служебной связи в основном оборудована автоматическими телефонными станциями декадно-шаговой системы, которые постепенно заменяются координатными АТС, в том числе с электронным управлением - квазиэлектронной АТСКЭ, а в перспективе будут заменяться электронными АТСЭ [1].

Применение цифровых систем передачи типа ИКМ-30 позволило значительно повысить качество соединительных линий между АТС одной автостанции. Внедряются также волоконно-оптические линии, уплотняемые цифровыми системами передачи типов ИКМ-120, ИКМ-480 и д.р.

Световодный кабель обладает высокой помехозащищенностью. Он экономичнее по сравнению с кабелями с медными жилами [1].

С расширением информационной связи особое развитие получило телеграфная связь и система передачи данных в вычислительные центры. Для это используется автоматическая система прямых соединений и передачи данных типа АТ-ПС-ПД. Механические буквопечатающие телеграфные аппараты заменяются электронными, такими, как РТА-80, Г-1100 и д.р.,

на станциях со значительным объемом грузовой и пассажирской работы устанавливаются мини-ЭВМ, связанные каналами передачи данных с ЭВМ ВЦ [1].

Автоматизация управленческого труда предполагает широкое применение персональных компьютеров, значительно расширяющих услуги связи.

Широкое распространение цифровых методов обработки информации является основой для создания интегральной цифровой сети связи, в которой от абонента до абонента будут передаваться только цифровые сигналы. Переход к цифровым системам связи вызван их высокими технико-экономическими показателями, так как применение интегральных схем резко уменьшает трудоемкость изготовления оборудования, позволяет значительно снизить стоимость и габариты, повышает надежность, упрощает эксплуатацию [1].

Значительное внимание уделяется и системам радиосвязи на автомобильном транспорте. В условиях растущей общей технической оснащенности автомобильного транспорта внедрение радиосвязи с подвижными объектами стало насущной необходимостью. Её применение позволяет значительно поднять эффективность работы автомобильных парков, способствует повышению безопасности работы транспорта. Идёт модернизация поездной радио связи. Широкое применение на транспорте получает промышленное телевидение.

Система радиодистанционного программного управления башенным краном 9ПУ-2Г позволяет управлять краном непосредственно с места производства работ. Она обеспечивает перемещение груза по заданной траектории с учетом опасных (запретных) зон. Система может работать в режиме дистанционного и программного управления [1].

Объектом управления является крюк башенного крана, положение которого характеризуется координатами. Для отработки заданных координат кран имеет приводы: передвижения крана, подъема крюка, вылета и поворота стрелы. Каждый привод имеет по 5 скоростей работы [1].

При использовании данной системы строительная площадка делится подкрановыми путями на 2 зоны: «Здание» и «Склад». Зона «Здание» делится на 8 участков, зона «Склад» на 4. В результате этого в системе может быть задано 12 адресов доставки груза [1].

Система обеспечивает передачу и прием 37 команд управления с расстояния 100 м. Для передачи команд от пульта крана используется радио канал. Информация о координатах положения крюка крана поступает от бесконтактных датчиков типа БК-К, расположенных в различных точках крана и строительной площадки.

В систему входят:

два пульта управления с переносными радиостанциями, обеспечивающими формирование управляющих команд;

приемное устройство с двумя радиостанциями, обеспечивающими декодирование команд управления и связь системы с исполнительными механизмами крана;

программное устройство, обеспечивающее перемещение груза по заданной программе;

первичные преобразователи (датчики), определяющие местонахождение крюка и запретные зоны;

5) два световых табло для индикации номера заданного участка, куда должен быть доставлен груз при программном управлении [1].

Система обеспечивает двухпостовое управление краном. Команды управления формируются на пульте управления с помощью ключей управления. Чтобы исключить ошибки оператора в последовательности выполнения технологических операций, сформированные команды записываются в память и только оттуда поступают в необходимой последовательности на обработку системы.

В состав приемного устройства входят блок разгона, который обеспечивает плавный разгон механизмов при управлении краном по программе, и выходной блок, коммутирующий электрические цепи крана.

Программное устройство обеспечивает автоматическое перемещение груза из зоны в зону на любой заданный пульт управления участок с учетом запретных зон, над которыми груз не должен перемещаться. Это обеспечивает соответствующее устройство, позволяющее выбирать путь обхода запретных зон. Оно состоит из блоков памяти запретных зон, блоков контроля и сравнения.

Световое табло помимо индикации, «Адреса назначения» индицирует включение двигателей крана: передвижение «Вперед-назад», поворот «Влево-вправо», тележка «Больше-меньше» и подъем «Вверх-вниз» [1].

Система в режиме программного управления обрабатывает 10 различных циклов работы. Внедрение системы РПУ-2Г значительно увеличило производительность труда монтажников, повысило безопасность работ в сложных климатических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борчук Н.И. Медицина экстремальных ситуаций. – Минск, 1988. – с.125- 164.
2. Коган А.Б. Экологическая физиология человека. – Ростов – на – Дону, изд-во РГУ, 1990. – с.23-29.

3. Самыгин С.И., Самыгина О.П., Столяренко Л.Р., Турчина Н.Ю., Шевченко В.А. Школа выживания. Обеспечение безопасности жизнедеятельности. – Ростов – на – Дону, Феникс, 1996. – с.116-126.

4. Хван Т.А., Хван П.А. Безопасность жизнедеятельности. Серия «Учебники и учебные пособия». – Ростов – на – Дону, Феникс, 2000. – с.191-203.

5. Хоружая Т.А. Методы оценки экологической опасности. – М.: ЭБМ-Контур, 1998. - с.52 – 63.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КРИВОЛИНЕЙНЫХ СЕТОК К РАСЧЕТУ РЕБРИСТЫХ ПЛИТ

С.К. Ельмуратов

Павлодарский государственный университет

им.С.Торайгырова

Жұмыста қисық сызықты тор әдісімен қабырғалы тақталардың кернеулі-деформацияланған күйі зерттеледі.

In the work intense-deformed condition of a ridge plate is investigated by a method of curvilinear grids.

Рассматривается вертикально расположенная ребристая плита, заземленная по трем сторонам и свободная по верхней кромке. На плиту действует вертикальная распределенная по верхней кромке нагрузка. Выделим из плиты плоский единичный элемент, ограниченный координатными линиями x^1, x^1+dx^1 в одном направлении и x^2, x^2+dx^2 – в другом. На рисунке 1 показаны силы, действующие на стороны элемента и вектор объемной силы $\vec{v} dx^1 dx^2$.

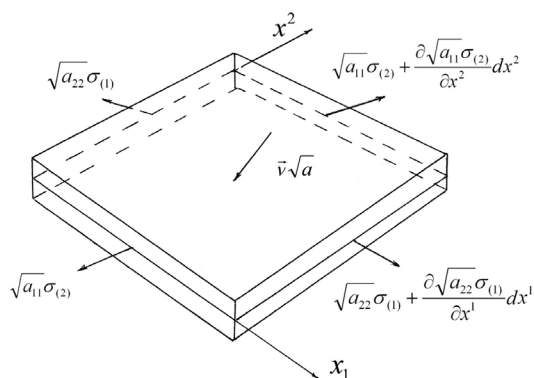


Рисунок 1 – Векторы напряжений и объемных сил элемента плиты

Для рассматриваемого плоского элемента запишем условие равенства нулю главного вектора всех сил, и после сокращения на $dx^1 dx^2$, получим

$$\frac{\partial \sqrt{a_{22}} \bar{\sigma}_{(1)}}{\partial x^1} + \frac{\partial \sqrt{a_{11}} \bar{\sigma}_{(2)}}{\partial x^2} + \sqrt{a} \bar{V} = 0, \quad (1)$$

где $a_{\alpha\beta}$ – компоненты метрического тензора \vec{a} ; $\bar{\sigma}_{(\alpha)}$ – физические компоненты вектора напряжений; \bar{V} – вектор объемной силы. Для криволинейной системы координат удобно оперировать ковариантными или контравариантными компонентами вектора напряжений. Заменим физические компоненты $\bar{\sigma}_{(\alpha)}$ вектора напряжений через его ковариантные $\bar{\sigma}_{\alpha}$ или контравариантные $\bar{\sigma}^{\alpha}$ компоненты, представленные в матрице основных \bar{e}_{β} и взаимных \bar{e}^{β} локальных базисов [1-3].

$$\bar{\sigma}_{(\alpha)} = \frac{\bar{\sigma}^{\alpha}}{\sqrt{a^{\alpha\alpha}}} = \frac{\bar{\sigma}^{\alpha} \sqrt{a}}{\sqrt{a_{\gamma\gamma}}}; \quad \bar{\sigma}_{(\alpha)} = \frac{\bar{\sigma}_{\alpha}}{\sqrt{a_{\alpha\alpha}}}; \quad (\alpha = 1, 2; \gamma = 2, 1). \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1) получим

$$\frac{\partial \sqrt{a} \bar{\sigma}^1}{\partial x^1} + \frac{\partial \sqrt{a} \bar{\sigma}^2}{\partial x^2} + \sqrt{a} \bar{V} = 0.$$

Здесь $a = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}$ – фундаментальный определитель метрического тензора.

Зависимость между компонентами тензоров напряжений и деформации для случая малых деформаций упругого тела, находящегося в условиях плоской задачи, подчиняется известным соотношениям закона Гука.

Для неортогональной системы координат их можно записать в виде

$$\sigma^{\alpha\beta} = \frac{E}{1-\nu^2} \left[\nu a^{\alpha\beta} a^{\gamma\omega} + (1-\nu) \cdot a^{\alpha\gamma} a^{\beta\omega} \right] \varepsilon_{\gamma\omega}, \quad (3)$$

Придавая индексам значения $(\alpha, \beta, \gamma, \omega = 1, 2)$ в развернутом виде окончательно получим

$$\begin{aligned} \sigma^{11} &= \frac{E \cdot h}{1-\nu^2} \left[\varepsilon_{11} a^{11} a^{11} + \varepsilon_{22} (\nu a + a^{12} a^{21}) + 2\varepsilon_{12} a^{11} a^{12} \right] \\ \sigma^{22} &= \frac{E \cdot h}{1-\nu^2} \left[\varepsilon_{22} a^{22} a^{22} + \varepsilon_{11} (\nu a + a^{12} a^{21}) + 2\varepsilon_{21} a^{22} a^{21} \right] \\ \sigma^{12} &= \frac{E \cdot h}{1-\nu^2} \left[\varepsilon_{12} (a^{11} a^{11} + a^{12} a^{21}) (1+\nu^2) + \varepsilon_{11} a^{11} a^{12} + \varepsilon_{22} a^{22} a^{21} \right] \end{aligned} \quad (4)$$

Касательные векторы основного локального базиса деформированной системы координат определяются по формуле

$$\vec{e}_\alpha^* = \frac{\partial \vec{r}^*}{\partial x^\alpha} = \vec{e}_\alpha + \frac{\partial \vec{u}}{\partial x^\alpha} \quad (5)$$

Соответствующие им компоненты основного метрического тензора вычисляются из соотношения

$$a_{\alpha\beta}^* = a_{\alpha\beta} + \frac{\partial \vec{u}}{\partial x^\alpha} \cdot \vec{e}_\beta + \frac{\partial \vec{u}}{\partial x^\beta} \cdot \vec{e}_\alpha + \frac{\partial \vec{u}}{\partial x^\alpha} \cdot \frac{\partial \vec{u}}{\partial x^\beta} \quad (6)$$

Из вариации компонент основного метрического тензора $a_{\alpha\beta}^*$ получим выражения компонент тензора деформаций

$$\varepsilon_{\alpha\beta} = \frac{1}{2} (a_{\alpha\beta}^* - a_{\alpha\beta}) = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \vec{u}}{\partial x^\alpha} \cdot \vec{e}_\beta + \frac{\partial \vec{u}}{\partial x^\beta} \cdot \vec{e}_\alpha + \frac{\partial \vec{u}}{\partial x^\alpha} \cdot \frac{\partial \vec{u}}{\partial x^\beta} \right) \quad (7)$$

Подставляя (7) в (4), затем в (1) и проецируя полученные уравнения на векторы взаимного базиса \vec{a}_α локальной системы координат можно получить два скалярных дифференциальных уравнения равновесия в перемещениях. Производим дискретизацию полученных дифференциальных уравнений методом криволинейных сеток для плоской задачи теории упругости.

С учетом ортотропии материала выражения для компонент тензора напряжений и деформации примут вид

$$\begin{aligned} \sigma^{11} &= \frac{E_1 \cdot h \bar{n}}{1 - \nu_1 \nu_2} \left[\varepsilon_{11} a^{11} a^{11} + \varepsilon_{22} (\nu_2 a + a^{12} a^{21}) + 2\varepsilon_{12} a^{11} a^{12} \right] \\ \sigma^{22} &= \frac{E_2 \cdot h \bar{n}}{1 - \nu_1 \nu_2} \left[\varepsilon_{22} a^{22} a^{22} + \varepsilon_{11} (\nu_1 a + a^{12} a^{21}) + 2\varepsilon_{21} a^{22} a^{21} \right] \\ \sigma^{12} &= 2 G h_c \left[\varepsilon_{11} a^{11} a^{12} + \varepsilon_{22} a^{22} a^{21} \right] \end{aligned} \quad (8)$$

Выполним дискретизацию векторного уравнения (1). Рассмотрим плоскую разностную сетку (рисунок 2). Искомые функции вычисляем в определенных узлах разностной сетки, как показано на схеме, а именно: напряжения $\vec{\sigma}^1$ в узлах $(i \pm 0,5; j)$, $\vec{\sigma}^2$ в узлах $(i; j \pm 0,5)$; компоненты вектора перемещений \vec{e} в основных узлах $(i; j)$ разностной сетки.

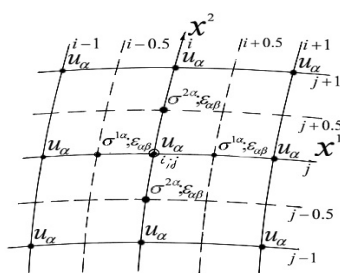


Рисунок 2 – Двумерная разностная сетка.

Применяя разностную схему непосредственно к векторным слагаемым уравнения (1), получим разностный аналог контравариантных производных вектора напряжений

$$\begin{aligned} & \left[\sqrt{a} (\sigma^{11} \vec{a}_1 + \sigma^{12} \vec{a}_2) \right]_{+0,5;j} - \left[\sqrt{a} (\sigma^{11} \vec{a}_1 + \sigma^{12} \vec{a}_2) \right]_{-0,5;j} + \\ & \left[\sqrt{a} (\sigma^{21} \vec{a}_1 + \sigma^{22} \vec{a}_2) \right]_{j+0,5} - \left[\sqrt{a} (\sigma^{21} \vec{a}_1 + \sigma^{22} \vec{a}_2) \right]_{j-0,5} + (\sqrt{a} \vec{V})_{;j} = 0 \end{aligned} \quad (9)$$

Определим компоненты вектора перемещений $\vec{e} = e_a \cdot \vec{a}^a$ в основных узлах $(i;j)$ и произведем усреднение в промежуточных узлах $(i \pm 0,5 ; j \pm 0,5)$ получим

$$\begin{aligned} \bar{u}_{i \pm 0,5; j+0,5} &= \frac{1}{4} (\bar{u}_{i \pm 1; j+1} + \bar{u}_{i \pm 1; j} + \bar{u}_{i; j} + \bar{u}_{i; j+1}) \\ \bar{u}_{i \pm 0,5; j-0,5} &= \frac{1}{4} (\bar{u}_{i \pm 1; j-1} + \bar{u}_{i \pm 1; j} + \bar{u}_{i; j} + \bar{u}_{i; j-1}) \\ \bar{u}_{i \pm 0,5; j} &= \frac{1}{2} (\bar{u}_{i \pm 1; j} + \bar{u}_{i; j}) \quad \bar{u}_{i; j \pm 0,5} = \frac{1}{2} (\bar{u}_{i; j} + \bar{u}_{i; j \pm 1}) \end{aligned} \quad (10)$$

Разностное векторное уравнение (10) спроецируем на векторы взаимного локального базиса \vec{a}^a в узле $(i;j)$. В результате получим систему двух скалярных уравнений $(\alpha = 1, 2)$

$$\begin{aligned} & \sqrt{a_{i+0,5;j}} (\sigma_{i+0,5;j}^{11} a_{1i+0,5;j}^{\alpha i;j} + \sigma_{i+0,5;j}^{12} a_{2i+0,5;j}^{\alpha i;j}) - \\ & - \sqrt{a_{i-0,5;j}} (\sigma_{i-0,5;j}^{11} a_{1i-0,5;j}^{\alpha i;j} + \sigma_{i-0,5;j}^{12} a_{2i-0,5;j}^{\alpha i;j}) + \\ & + \sqrt{a_{i;j+0,5}} (\sigma_{i;j+0,5}^{21} a_{1i;j+0,5}^{\alpha i;j} + \sigma_{i;j+0,5}^{22} a_{2i;j+0,5}^{\alpha i;j}) - \\ & - \sqrt{a_{i;j-0,5}} (\sigma_{i;j-0,5}^{21} a_{1i;j-0,5}^{\alpha i;j} + \sigma_{i;j-0,5}^{22} a_{2i;j-0,5}^{\alpha i;j}) + \sqrt{a_{i;j}} V^\beta \cdot \delta_\beta^\alpha = 0 \end{aligned} \quad (11)$$

В уравнении (11) приняты коэффициенты преобразования при переходе от узла $(i;j)$ к узлу $(i \pm 0,5; j \pm 0,5)$.

$$a_{\beta i \pm 0,5}^{\alpha i;j} = \bar{e}_{i;j}^{\alpha} \cdot \bar{e}_{\beta i \pm 0,5;j \pm 0,5}$$

Выполним дискретизацию деформации $\varepsilon_{\alpha\beta}$ в соответствующих узлах методом криволинейных сеток и получим разностные выражения для компонент деформации

$$\begin{aligned} \varepsilon_{11 i \pm 0,5;j} &= \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial x^1} \cdot \bar{e}_1 \right)_{i \pm 0,5;j} = (\bar{u}_{i \pm 1;j} - \bar{u}_{i;j}) \cdot \bar{e}_{1 i \pm 0,5;j} = \\ &= [(u_{\alpha} \cdot \bar{e}^{\alpha})_{i \pm 1;j} - (u_{\alpha} \cdot \bar{e}^{\alpha})_{i;j}] \cdot \bar{e}_{1 i \pm 0,5;j}; \\ \varepsilon_{22 i;j \pm 0,5} &= \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial x^2} \cdot \bar{e}_2 \right)_{i \pm 0,5;j} = (\bar{u}_{i \pm 0,5;j \pm 0,5} - \bar{u}_{i \pm 0,5;j - 0,5}) \cdot \bar{e}_{2 i \pm 0,5;j} = \\ &= [(u_{\alpha} \cdot \bar{e}^{\alpha})_{i \pm 0,5;j \pm 0,5} - (u_{\alpha} \cdot \bar{e}^{\alpha})_{i \pm 0,5;j - 0,5}] \cdot \bar{e}_{2 i \pm 0,5;j}; \\ \varepsilon_{21 i \pm 0,5;j} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \cdot \bar{e} + \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \cdot \bar{e} \right)_{i \pm 0,5;j} = \frac{1}{2} [(\bar{u}_{i \pm 1;j} - \bar{u}_{i;j}) \cdot \bar{e}_{2 i \pm 0,5;j} + \\ &(\bar{u}_{i \pm 0,5;j \pm 0,5} - \bar{u}_{i \pm 0,5;j - 0,5}) \cdot \bar{e}_{1 i \pm 0,5;j}] = \frac{1}{2} \{ (u_{\alpha} \cdot \bar{e}^{\alpha})_{i \pm 1;j} - (u_{\alpha} \cdot \bar{e}^{\alpha})_{i;j} \} \\ &\times \bar{e}_{2 i \pm 0,5;j} + \{ (u_{\alpha} \cdot \bar{e}^{\alpha})_{i \pm 0,5;j \pm 0,5} - (u_{\alpha} \cdot \bar{e}^{\alpha})_{i \pm 0,5;j - 0,5} \} \bar{e}_{1 i \pm 0,5;j} \} \end{aligned} \quad (12)$$

Выполняя скалярное произведение базисных векторов по формулам (12) и учитывая (10) окончательно получим

$$\begin{aligned} \varepsilon_{11 i \pm 0,5;j} &= \pm (u_{1 i \pm 1;j} a_{1 i \pm 0,5;j}^{1 i \pm 1;j} + u_{2 i \pm 1;j} a_{1 i \pm 0,5;j}^{2 i \pm 1;j} - u_{1 i;j} a_{1 i \pm 0,5;j}^{1 i;j} - u_{2 i;j} a_{1 i \pm 0,5;j}^{2 i;j}); \\ \varepsilon_{22 i;j \pm 0,5} &= \pm (u_{1 i;j \pm 1} a_{2 i;j \pm 0,5}^{1 i;j \pm 1} + u_{2 i;j \pm 1} a_{2 i;j \pm 0,5}^{2 i;j \pm 1} - u_{1 i;j} a_{2 i;j \pm 0,5}^{1 i;j} - u_{2 i;j} a_{2 i;j \pm 0,5}^{2 i;j}); \\ \varepsilon_{12 i \pm 0,5;j} &= \frac{1}{2} [\pm (u_{1 i;j \pm 1} a_{2 i \pm 0,5;j}^{1 i \pm 1;j} + u_{2 i;j \pm 1} a_{2 i \pm 0,5;j}^{2 i \pm 1;j} - u_{1 i;j} a_{2 i \pm 0,5;j}^{1 i;j} - u_{2 i;j} a_{2 i \pm 0,5;j}^{2 i;j}) + \\ &- u_{1 i \pm 1;j-1} \cdot a_{1 i \pm 0,5;j}^{1 i \pm 1;j-1} - u_{2 i \pm 1;j} \cdot a_{1 i \pm 0,5;j}^{2 i \pm 1;j-1} - u_{1 i;j} \cdot a_{1 i \pm 0,5;j}^{1 i;j} - u_{2 i;j} \cdot a_{1 i \pm 0,5;j}^{2 i;j})]. \end{aligned} \quad (13)$$

Подставляя последовательно (13) в (8), а затем в (1) и, проецируя полученные уравнения на векторы взаимного базиса \vec{a}_a локальной системы координат, получим систему двух скалярных уравнений в перемещениях и, дополнив их граничными условиями, получаем разрешающую систему уравнений плоской задачи.

Исследовано напряженно-деформированное состояние ребристой плиты-панели при действии нагрузки вертикально приложенной в срединной плоскости. Подобрано расположение ребер, их размеры и размеры плиты, соответствующие наименьшему напряженно-деформированному состоянию плиты-панели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ельмуратов С.К. Уравнения равновесия и движения тонких оболочек и пластин и их численная реализация. // Наука и техника Казахстана, Павлодар, №1, 2005. – С. 24-33.
2. Ельмуратов С.К. Расчет тонких оболочек и пластин на устойчивость и динамику. //Вестник ПГУ, серия физико-математическая.- Павлодар, ПГУ, №3, 2005. – С. 43-51.
3. Ельмуратов С.К. Исследование устойчивости и колебаний тонких оболочек и пластин методом криволинейных сеток. // Поиск, серия естественных и технических наук.- Алматы, №4. 2005. – С. 312-317.
4. Пред. патент. 1649. РК. Комплексные добавки для бетонной смеси. /Ш.К. Торпищев., С.К. Ельмуратов и др. 15.11.2005. Бюл. № 11.– С. 3 с.

УДК 331.101.1

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ЭРГОНОМИКИ И МЕТОДЫ ЭРГОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

А.К. Ережепова

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

Жұмыста эргономика түсінігі және оның кезең бойынша дамуы қарастырылған.

In work the concept of ergonomics and its stage-by-stage development is considered.

Эргономика (от греч. *ergon* - работа и *nomos* - закон) - область научно-прикладных исследований, находящихся на стыке технических наук, психологии и физиологии труда, в которой разрабатываются проблемы проектирования, оценки и модернизации системы «человек - коллектив-машина - среда - социум - культура - природа» [1, с. 57].

Эргономика занимается комплексным изучением и проектированием трудовой деятельности с целью оптимизации орудий, условий и процесса труда, а также профессионального мастерства.

Первые исследования, с которыми непосредственно связывают зарождение эргономики, относят к 20-м гг. 20 в., когда в Великобритании, США, Японии и некоторых других странах физиологами, психологами, врачами и инженерами предпринимались попытки комплексного изучения человека в процессе трудовой деятельности с целью максимального использования его физических и психологических возможностей и дальнейшей интенсификации труда.

Термин «эргономика», предложенный еще в 1857 польским естествоиспытателем В. Ястшембовским, получил широкое распространение после 1949, когда группа английских ученых во главе с К. Мареллом органи-

зовала Эргономическое исследовательское общество, с которым обычно связывают формирование эргономики как самостоятельной научной дисциплины [4, с. 94].

С середины 50-х гг. она интенсивно развивается во многих странах мира: создана Международная эргономическая ассоциация (1961), в которой представлено свыше 30 стран; раз в три года проводятся международные конгрессы по эргономике; в Международной организации по стандартизации образован технический комитет «Эргономика».

В Великобритании с 1957 издается журнал «Ergonomics», ставший официальным органом Международной эргономической ассоциации, а также журналы «Applied Ergonomics» (с 1969) и «Ergonomics Abstracts» (с 1969); журналы эргономического профиля издаются также в Болгарии, Венгрии, США, Франции. В Великобритании, Канаде, Польше, Румынии, США, Франции, ФРГ и Японии разрабатываются учебные программы и ведется подготовка специалистов в области эргономики в университетах и других высших учебных заведениях.

К сожалению, в полной мере идея интеграции усилий разных специалистов в области изучения труда так и не реализовалась, что свидетельствует о сложности данного вопроса, и о необходимости поиска новых подходов в этом направлении.

Предметом эргономики является трудовая деятельность, а объектом исследования - системы «человек - коллектив - машина - среда - социум - культура - природа». Эту систему часто называют «эргономической системой» [5 с. 72].

Эргономика - отрасль междисциплинарная, черпающая знания, методы исследования и технологии проектирования из следующих отраслей человеческого знания и практики: инженерная психология, психология труда, теория групповой деятельности, когнитивная психология, конструирование, гигиена и охрана труда, научная организация труда, антропология, антропометрия, медицина, анатомия и физиология человека, теория проектирования, теория управления.

Эргономика так или иначе связана со всеми науками, предметом исследования которых является человек как субъект труда, познания и общения. Ближайшей для неё отраслью психологии является инженерная психология, задачей которой является изучение и проектирование внешних средств и внутренних способов трудовой деятельности операторов.

Эргономика не может абстрагироваться от проблем взаимосвязи личности с условиями, процессом и орудиями труда, которые являются предметом изучения психологии труда. Она тесно связана с физиологией труда, которая является специальным разделом физиологии, посвященным

изучению изменений функционального состояния организма человека под влиянием его рабочей деятельности и физиологическому обоснованию научной организации его трудового процесса, способствующей длительному поддержанию работоспособности человека на высоком уровне.

Эргономика использует данные гигиены труда, которая является разделом гигиены, изучающей влияние производственной среды и трудовой деятельности на организм человека и разрабатывающей санитарно-гигиенические мероприятия по созданию здоровых условий труда. Эргономика по природе своей занимается профилактикой охраны труда, под которой подразумевается комплекс правовых, организационных, технических, экономических и санитарно-гигиенических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности труда и сохранение здоровья работающих.

Эргономика решает также ряд проблем, поставленных в системотехнике: оценка надежности, точности и стабильности работы оператора, исследование влияния психологической напряженности, утомления, эмоциональных факторов и особенностей нервно-психической организации оператора на эффективность его деятельности в системе «человек-машина», изучение приспособительных и творческих возможностей человека.

В практическом отношении проблема взаимоотношения эргономики и системотехники - это проблема организации всестороннего и профессионального учета эргономических факторов на различных этапах создания систем (проектирования, изготовления, испытаний, внедрения) и их эксплуатации.

Эргономика не может эффективно решать стоящие перед ней задачи вне тесных связей с промышленной социологией и социальной психологией и другими общественными науками. Вне этих связей эргономика не может ни полноценно развиваться, ни правильно прогнозировать социальный эффект от внедрения разрабатываемых ею рекомендаций. Данная группа наук в определенном отношении опосредствует взаимосвязь эргономики с экономикой.

Эргономический подход к изучению трудовой деятельности не дублирует исследований, проводимых в сфере психологии, физиологии и гигиены труда, но опирается на них и дополняет их [2, с. 31].

Комплексный подход, характерный для эргономики, позволяет получить всестороннее представление о трудовом процессе и тем самым открывает широкие возможности его совершенствования. Именно эта сторона эргономических исследований представляет особую ценность для научной организации труда, при которой практическому внедрению

конкретных мероприятий предшествует тщательный научный анализ трудовых процессов и условий их выполнения, а сами практические меры базируются на достижения современной науки и передовой практики.

В развитии эргономики можно выделить несколько этапов.

Задачей первого этапа явилось повышение производительности труда. Человек рассматривался как определенного вида ресурс. Задача заключалась в наиболее полном использовании его возможностей для данного технологического процессе и в отсеке непригодных для данной работы. Основное содержание эргономической работы на первом этапе заключалось в том, чтобы выяснить, обладает или не обладает данный человек возможностями для выполнения данной работы и если обладает, определить, насколько интенсивно его можно эксплуатировать. Отсюда и основные проблемы: утомляемость, индивидуальные отличия, отбор, профориентация и т.п.

Идеологами этого этапа были Ф. Тейлор, Г. Мюнстерберг, В. Штерн, И.Н. Шпилькейн, А.К. Гастев, П.М. Керженцев, В.М. Бехтерев, С.Т. Геллерштейн и др.

Особняком стоят авторы, исходившие из другой задачи: не повышение производительности труда, а предупреждение срывов. Срыв трактовался ими не как следствие отсутствия соответствующего свойства, а как следствие предельности условий для функционирования человека. Отсюда вырастает идея уменьшения предельности, разрыва между возможностями человека и требованиями к нему, другими словами, согласования человека и техники, обеспечения нормальности условий работы.

В России, пожалуй, первым так поставил задачу и даже предложил соответствующую программу работ инженер-железнодорожник Рихтер. Позднее аналогичную программу в области авиации предложил Н.М. Добротворский. Видимо, первые экспериментальные исследования в духе этой идеологии провели Н.В. Зимкин и Н.А. Эппле.

Собственно, эта идеология и была провозглашена Лондонским эргономическим обществом в 1949 г., и даже практическая ситуация, из которой выросло это общество, была такой же, как и у Н.М. Добротворского - авиационные катастрофы вследствие ошибок летчиков. В результате целью эргономического анализа стало выяснение ограничений возможностей человека и закономерностей функционирования исследуемых процессов, а не возможностей того, что человек смог бы.

Задача анализа человека стала более «бескорыстной», исследовательской. Если раньше рассматривались свойства человека в процессе труда (реального или имитированного), то теперь предметом стал сам человек - его свойства и функции. Это дало возможность действительно

согласовывать свойства человека и машины (список Фиттса), а не только декларировать, как это было раньше. Человек перестал быть ресурсом, он стал компонентом системы. Первоначально рассматриваемыми эргономистами характеристиками были простые психологические, психофизиологические и биомеханические свойства: время реакции, цветоразличение, длина руки и т.п. [7, с. 12].

Дальше развитие эргономики шло по пути захвата все более сложных свойств человека. С одной стороны, это более сложные психические функции - познавательные способности (когнитивная эргономика), мыслительные способности. С другой стороны, это целостные характеристики поведения: стресс, психическое здоровье, удовлетворенность трудом - направление, получившее название гуманизация труда.

Развитию гуманизации труда способствовало два фактора: во-первых, оказалось, что удовлетворение неспецифических потребностей, например, такой, как удовлетворенность трудом, приводит к повышению производительности труда, и, во-вторых, то, что многие новые производства, основанные на современной технологии, могут функционировать только в том случае, если учтены общечеловеческие потребности работника.

Следующим этапом развития эргономики является экспансия ее на другие, помимо труда, сферы деятельности: досуг, обучение и т.д. Да и сам труд в современном производстве меняет свое качество: в нем неразрывно связаны собственно производительный труд, обучение, рекреация. Эргономика начинает учитывать даже национальные особенности работающего контингента.

Эргономика начинает осознавать, что она вступает в новый этап своего развития, когда она становится «необходимым и основным компонентом планирования и разработки проектов, которые связаны с взаимодействием людей и машин».

Эргономика относится к тем наукам, которые можно различать по предмету и специфическому сочетанию методов, применяемых в них.

Методологическую базу эргономики составляет системный подход. Он позволяет использовать в эргономическом исследовании в том или ином сочетании методы различных наук, на стыке которых возникают и решаются качественно новые проблемы изучения систем «человек и машина». Таким образом, эргономика в значительной мере использует методы исследований, сложившиеся в психологии, физиологии и гигиене труда.

Проблема состоит в координации различных методических приемов при решении той или иной эргономической задачи, в последующем

обобщении и синтезировании полученных с их помощью результатов. В ряде случаев этот процесс приводит к созданию новых методов исследований в эргономике, отличных от методов тех дисциплин, на которые она возникла.

Рассуждая о методах эргономического анализа, Е.Б. Моргунов выделяет следующие критерии для их типологии:

С точки зрения целей методы могут быть:

- аналитическими;
- проектировочными. [4, с. 124]. При этом аналитические методы должны применяться раньше проектировочных, т.к. в начале проводится выявление структуры деятельности, а уж потом разрабатываются мероприятия, делающие деятельность пользователя более эффективной.

С точки зрения «разрешающей способности» методов выделяются:

- производственные методы (используются, когда деятельность «берется в полном объеме», в процессе «ее реального выполнения»);
- лабораторные методы (если анализируются отдельные составляющие деятельности) [4, с. 125]. Недостаток лабораторного подхода в том, что часто «за деревьями» (частными характеристиками деятельности) не видно самого «леса». Поэтому лучше использовать два данных подхода в сочетании и разумном чередовании.

С точки зрения способа получения данных выделяются:

- объективные;
- субъективные методы [4, с. 126]. Субъективные методы, используемые «непосредственно от людей», существенно дополняют данные, полученные «с помощью исследовательского оборудования» (объективные).

Выделяются также:

- эмпирические;
- экспериментальные методы. [4, с. 126]. В эмпирических методах исследователь лишь тем или иным способом наблюдает и регистрирует реальную деятельность. Экспериментальные методы предполагают активное воздействие на нее с помощью комбинаций тех или иных условий, признанных имеющими определенное значение. Эмпирические и экспериментальные методы также применяются в некоторой очередности.

На сегодняшний день эргономика переходит на новый этап своего развития:

- функции машин признаны вторичными, обслуживающими;
- учитывают, прежде всего, позитивные качества человека как действительного субъекта труда, т.е. то, что составляет не его недостатки, а его преимущества по сравнению с машиной. Эти тенденции находят

свое выражение в таких явлениях, как замена Европейским агентством по производительности труда термина «эргономика» термином «соответствие работы работающему», переименование факультета эргономики и кибернетики в Технологическом колледже в Лавбро в факультет наук о человеке, который продолжает оставаться ведущим ВУЗом Англии по подготовке специалистов в области эргономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дружинин В.Н. Структура и логика психологического исследования. М.: Институт психологии РАН, 1994. С. 163.
2. Климов Е.А. Образ мира в разнотипных профессиях. М.: Изд-во МГУ, 1995. С. 224.
3. Моргунов Е.Б. Человеческие факторы в компьютерных системах. М.: Тривола, 1994. С. 272.
4. Мюнстенберг Г. Психология и учитель. М.: Совершенство, 1997. С. 320.
5. Петровский В.А. Личность в психологии: парадигма субъектности. Ростов н/Д: Феникс, 1996. С. 512.
6. Ролз Дж. Теория справедливости. Новосибирск: Изд-во Новосибирского ун-та, 1995. С. 536.
7. Слободчиков В.И., Исаев Е.И. Основы психологической антропологии. Психология человека: Введение в психологию субъективности. М.: Школа-Пресс, 1995. С. 384.
8. Татенко В.А. Психология в субъектном измерении. К.: «Просвита», 1996. С. 404.

УДК 621.314.21.004

ДИАГНОСТИКА ТРАНСФОРМАТОРОВ

М.В. Кунцевич

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

Трансформатор жабдықтарын диагностикалау бойынша әдістемелік нұсқаулықтарды зерттеу.

Research of methodical instructions on diagnostics of the transformer equipment.

Задачи диагностики: задачами диагностики трансформаторного оборудования являются: выявление дефектов и повреждений, оценка функциональной исправности оборудования, определение возможности продолжения эксплуатации без ремонта, определение объема ремонта в случае его необходимости, оценка остаточного срока службы и мер продления срока службы.

Методология диагностики

Концепция обслуживания оборудования. Обслуживание оборудования по данным периодических испытаний в определенном объеме через определенные промежутки времени (традиционная методология). Обслуживание оборудования по его состоянию с проведением, на базе опыта эксплуатации, наиболее эффективных испытаний, как правило, не требующих отключения оборудования. Обслуживание оборудования по критерию надежности с учетом риска отказа и его последствий, что позволяет оптимально использовать имеющиеся запасы прочности. Обслуживание по результатам функциональной диагностики, направленной на оценку работоспособности отдельных подсистем трансформатора с учетом вероятных дефектов и механизма их развития

до отказа.

Концепция функциональной диагностики.

Данная методология разработана рабочей группой СИГРЭ, прежде всего, для оценки состояния оборудования после длительной эксплуатации, и основана на следующих положениях:

Трансформатор представляется в виде ряда функциональных (под) систем, состояние которых обеспечивает выполнение главных функций: передачу электромагнитной энергии, сохранения электрической прочности изоляции, механической прочности обмоток и целостности токоведущей системы.

Основной системы контроля и диагностики является функциональная модель дефектов, определяющая вероятные дефекты или чувствительные зоны в данной конструкции при данных условиях эксплуатации на базе анализа особенностей конструкции и причин отказов в эксплуатации и, соответственно, цели и задачи диагностики.

Оценка состояния оборудования представляется в форме системы запросов о состоянии его функциональных подсистем с учетом возможного сценария развития дефектного состояния в отказ.

Программа технического обследования концентрируется на выявлении вероятных дефектов путем использования групп методов, характеризующих конкретный дефект.

По меньшей мере, две диагностические процедуры требуются для того, чтобы подтвердить наличие дефекта и оценить его количественно.

Оценка состояния оборудования осуществляется, в основном, в рабочих условиях, особенно в предельных условиях в отношении нагрузки, температуры, напряжения. Данная методология не требует обязательной информации о предшествующих характеристиках, но обязательно требует понимания конструкции оборудования и наличия информации о предшествующих критических режимах. Анализ конструкции является первой процедурой диагностики. Комплексное диагностическое обследование выполняется с целью проверки функциональной работоспособности всех подсистем трансформатора и определения необходимости выполнения капитального ремонта трансформатора.

Приемы диагностики

Сравнение с исходными данными. Сравнение с исходными данными испытаний предпочтительно бездефектного оборудования является наиболее распространенным диагностическим приемом.

Анализ тенденции изменения характеристик. Для многих профилактических испытаний тенденция изменения параметров является ценной дополнительной информацией. Отдельной диагностической

характеристикой является скорость изменения параметра во времени.

Статический метод. Выделяется оборудование, количественное значение характеристик которого попадает в 10- или 5-процентный статистический интервал нормального распределения. Соответственно 90 или 95% выборки относится к нормальному состоянию.

Количественное определение состояния. Модель дефекта. Этот метод является основным в методологии функциональной диагностики. Метод заключается в определении характеристик, свойственных только данному дефекту, и позволяет не только сделать надежный вывод о наличии дефективного состояния, но в ряде случаев и оценить дефектную область количественно.

Ранжирование оборудования по состоянию. Данный метод получает распространение для оценки остаточного срока службы большого числа (группы) трансформаторов после длительной эксплуатации. Он включает количественную градацию признаков возможного состояния, определенных на основании экспертных оценок на базе анализа особенностей конструкции, условий и опыта эксплуатации, особенно видов и причин отказов, а также результатов испытаний. Выявляется оборудование, требующее особого внимания или замены.

Составление модели дефектов. Вероятность возникновения и развития дефекта зависит от особенностей конструкции (исходные запасы прочности, чувствительность к ухудшению в эксплуатации), а также от конкретных условий работы оборудования. Модель дефектов представляет перечень возможных дефектов и повреждений в данном функциональном узле трансформатора и вероятный сценарий развития дефекта вплоть до отказа оборудования.

Анализ конструкции. Анализ конструкции является ключевой процедурой для понимания структуры трансформатора и основных функций его компонентов, оценки чувствительности к возможному ухудшению состояния в процессе эксплуатации, а также определения модели вероятных дефектов, позволяющей оптимизировать программу диагностических испытаний и выбрать наиболее эффективные методы.

Оценка условий эксплуатации оборудования. Оцениваются особенности нормального режима, аномальных, в том числе аварийных, режимов, а также необычные условия эксплуатации.

Диагностические характеристики

Диагностические характеристики, основанные на измерении электромагнитных параметров трансформатора. Возникновение дефектов и повреждений в ряде случаев обуславливает изменение активного и индуктивного сопротивлений обмоток, а также тока и потерь холостого хода, так что электромагнитные параметры трансформатора

могут служить эффективными диагностическими характеристиками.

Определение коэффициента трансформации. Результаты измерения сравниваются с расчетными или паспортными данными. Результаты измерений считаются удовлетворительными, если отклонение значений не превышает 2%.

Измерение тока и потерь холостого хода. Потери и ток холостого хода при номинальном напряжении являются важными характеристиками для контроля качества изготовления, а также требующего расшивки верхнего ярма магнитопровода. При оценке изменения токов холостого хода следует учитывать, что в большинстве случаев дефектное состояние характеризуется различием между значениями токов в крайних фазах или по сравнению с предыдущими измерениями более 10%.

Измерение сопротивления короткого замыкания. Оценку состояния обмоток трансформатора производят путем сравнения измеренных по фазам данных с данными предыдущих измерений. Значение относительного изменения сопротивления КЗ при возникновении деформации обмотки зависит от конструкции трансформатора. Обычно предельное отклонение нормируется на уровне 3%.

Измерение потерь короткого замыкания. Потери от потока рассеяния могут служить эффективной диагностической характеристикой для определения замыкания параллельных проводников в обмотках. Деформация обмотки или ее частей также вызывает существенные изменения потерь. Диагностические возможности измерений потерь от потока рассеяния наиболее эффективно реализованы в методе определения частотной зависимости потерь в диапазоне частот 20-600 Гц.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току. Измерение выявляет ухудшение контактов, особенно в местах присоединения отводов к вводам, а также размыкаемых контактов РПН. Возможными дефектами в обмотке могут быть обрыв или замыкание параллельных проводников, лопнувшая пайка (перемежающийся контакт или обрыв). Такие явления обычно приводят к изменению сопротивления на несколько процентов. Перегрев и эрозия контактов вызывает увеличение исходной величины переходного сопротивления в несколько (даже в десятки) раз.

Характеристики изоляции.

Возможность обнаружения дефектов по характеристикам изоляции. Возможности выявления дефектов в различных изоляционных промежутках существенно отличаются.

Тангенс угла диэлектрических потерь и емкость изоляционного промежутка.

Сопротивление изоляции. Наиболее частой причиной изменения R

является загрязнение поверхности крышек вводов, поэтому требуется тщательная предварительная очистка доступных поверхностей, а также применение экранов для отвода поверхностных токов из измерительной системы.

Абсорбционные характеристики. К абсорбционным характеристикам изоляции относятся изменения проводимости от времени, емкости от времени и частоты, а также тангенса угла потерь от частоты.

Частичные разряды. Все виды развивающихся повреждений изоляции начинаются с частичных разрядов. Существует три распространенных метода для обнаружения частичных разрядов:

Электрический метод.

Акустический метод.

Электромагнитный метод.

Переходные и частотные характеристики обмоток.

Метод низковольтных импульсов

Метод частотного анализа (МЧА)

Вибрационные характеристики. Целью вибрационного обследования трансформаторного оборудования является оценка состояния механической системы, выявление и последующее устранение дефектов внешних устройств и внутренних систем.

Тепловизионное обследование. Целью тепловизионного обследования является оценка теплового состояния трансформаторного оборудования в рабочем режиме.

Диагностика трансформаторного оборудования под рабочим напряжением. Контроль трансформатора непосредственно в рабочем режиме (мониторинг).

Диагностика состояния посредством измерения характеристик масла. Измерение характеристик масла позволяет контролировать режим работы трансформатора и его состояние.

Вывод: Трансформаторы являются одним из самых распространенных видов электротехнического оборудования. Их можно встретить практически везде: и в миниатюрном радиоприемнике, и на огромной электростанции. В связи с этим актуальным становится проблема продления срока службы трансформаторов и оценка возможности его эксплуатации, увеличение сроков ремонтов и прогнозирование ресурсов безаварийной работы оборудования. Что в условиях рыночной экономики снижает затраты на эксплуатацию и ремонт трансформаторов и обеспечивает бесперебойное снабжение потребителя электроэнергией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лоханин А.К., Соколов В.В. Обеспечение работоспособности маслонеполненного высоковольтного оборудования после расчетного срока службы.- Электра, 2002, №1.
2. РД 34.45.51300-97. Объемы и нормы испытаний электрооборудования.
3. Сенкевич Е.Д., Штерн Е.Н. Диагностика частичных разрядов в моделях трансформаторной изоляции./ электротехника, 1974.
4. РД 153-34.0-46.302-00. Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в масле.- Москва, 2001.

УДК 616.831-005.1-003.93

РАННЯЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА

**Е.В. Макиевская, Г.Ж. Сакенова, Л.Н. Титаренко,
Р.М. Дюсенбаев**

врач невропатолог ККГП Городская больница № 1, г. Павлодар

врач нейрохирург ККГП Городская больница №1 г. Павлодар

Мақалада қалтына келудің бастапқы этаптарында инсульттен кейінгі емделудің негіздері ашылады.

The article opens treatment bases at early stages of restoration after a stroke.

Распространенность острых нарушений мозгового кровообращения, высокие показатели смертности, летальности и значительный процент инвалидов среди выживших (80%) ставят инсульт на одно из первых мест в ряду медико-социальных проблем. Инсульт часто оставляет после себя тяжелые последствия в виде двигательных, речевых и иных нарушений. По данным европейских исследователей, на каждые 100 тысяч населения приходится 600 больных с последствиями инсульта, из них 360 (60%) являются инвалидами. В мировой практике имеется хорошо разработанная система оказания помощи больным с инсультом, в которой большое место отводится реабилитации, в том числе и ранней. Чем раньше начаты реабилитационные мероприятия, тем они эффективнее. Основная цель ранней реабилитации – это профилактика образования устойчивых патологических систем (контрактур, артралгий, патологических двигательных стереотипов и поз), а также уменьшение степени их выраженности, за счет активации саногенетических механизмов и разрушения патологических систем с привлечением как медикаментозных, так и не медикаментозных методов воздействия. Ранняя реабилитация препятствует развитию социальной и психической дезадаптации, астено-депрессивных и невротических состояний. Раннее начало реабилитации способствует полному и быстрому восстановлению функционального

дефекта. Наряду с основной задачей реабилитации (восстановление нарушенных функций, социальная и психологическая реадaptация) она также должна включать: профилактику постинсультных осложнений, профилактику повторных инсультов.

Наш опыт показывает, что основой лечения на ранних этапах восстановления является лечение положением и онтогенетическая кинезотерапия. Как спонтанное восстановление после перенесенного инсульта, так и нормализация функций на фоне лечения опосредуется саногенетическими механизмами, в основе которых лежит пластичность мозга. Последняя определяется, как способность нервной ткани изменять структурно-функциональную организацию под влиянием внешних и внутренних факторов. Процессы пластичности активируются под влиянием окружающей среды, насыщенной стимулирующими объектами. Это определяет необходимость внедрения методов ранней реабилитации в восстановительный процесс. Положительную роль при этом играет двигательная мобилизация. В целом ранняя реабилитация в большей степени направлена на двигательную сферу, это определяется не только ее воздействием на пластичность, но и тем, что:

1) двигательные расстройства наблюдаются более чем у 85% больных инсультом;

2) они в большей степени мешают самообслуживанию;

3) двигательная функция является наиболее подвижной, она быстро нарушается при снижении мозгового кровотока и также быстро может восстанавливаться;

4) неравномерное восстановление отдельных мышц приводит к развитию патологических двигательных паттернов, что определяет необходимость контроля за процессом восстановления движений;

5) на моторику можно воздействовать с периферии через интернейроны спинного мозга как методами кинезотерапии, так и сенсорными стимулами;

6) воздействие на двигательную сферу будет способствовать нормализации и других функций, так как одни и те же транзиттеры принимают участие в передаче информации в двигательной, чувствительной, когнитивной системах.

Оснащение палат. Палаты должны быть просторными, чтобы обеспечить подход к больным со всех сторон. Оснащены функциональными кроватями, специальными противопролежневыми матрацами, прикроватными функциональными креслами, функциональными прикроватными столиками, переносными биотуалетами, ширмами, приспособлениями для укладки и перекладывания больных. Необходимо предусмотреть стол для

кинезотерапии, кабинет и оборудование для эрготерапии (бытовая реабилитация). Желательно иметь электроподъемник, параллельные брусья, ступеньки для обучения ходьбе по лестнице, «шведскую стенку» и другие приспособления для обучения больного самообслуживанию.

В фазе ранней мобилизации необходима организация активизирующего ухода и контроля за витальными функциями: мочеиспусканием, дефекацией, приемом пищи. К активизирующему уходу на ранних этапах относится лечение положением (ЛП): ранняя активизация (верикализация), раннее использование прикроватного туалета (а не судна), постоянная проверка функции глотания, применение специально подобранной диеты, достаточного количества потребляемой жидкости, одевание компрессионных чулок.

ЛП – придание парализованным конечностям и телу правильного положения (корректирующие позы) в течение того времени, пока больной находится в постели или в положении сидя.

ЛП можно проводить всем больным вне зависимости от тяжести состояния с первых часов инсульта, поэтому его широко применяют в блоке интенсивной терапии, куда первоначально должно поступать большинство больных с инсультом. ЛП включает: укладку парализованных конечностей на одном уровне, в горизонтальной плоскости при положении пациента на здоровом боку, что обеспечивает равномерную гравитационную нагрузку на конечности; положение на парализованной стороне; укладку в положении противоположной позы Вернике – Манна; положение на животе без подушки; положение на животе с опорой на предплечья и кисти. Основой правильной укладки являются: симметричность расположения частей туловища и конечностей, поддержка всех сегментов тела, бережное отношение к крупным суставам, в частности к плечу паретичной руки, ограничение времени пребывания на спине. Если же больной лежит на спине, то паретичное плечо должно быть поддержано подушкой (высотой 2–3 см), под ягодицей с пораженной стороны должна находиться плоская подушка, чтобы «больная» нога не была развернута кнаружи. В настоящее время не целесообразным считается упор паретичной стопы, а также распластывание кисти руки под мешочком с песком, приводящие к нарастанию мышечного тонуса из-за механического растяжения мышц в положении дискомфорта. Правильное выполнение ЛП способствует: снижению мышечной спастичности, выравниванию асимметрии мышечного тонуса, восстановлению схемы тела, нормализации глубокой чувствительности, снижению патологической активности с тонических шейных и лабиринтных рефлексов, предупреждению развития контрак-

тур, болевого синдрома, патологических установок в конечностях и туловище. Так как положение больного меняется каждые 2–3 ч, то ЛП выполняет также функции профилактики пролежней, тромбоза, пневмонии.

Ранняя вертикализация больных предусматривает возвышенное положение туловища и грудной клетки уже в первые дни пребывания больного в стационаре, возвышенное положение туловища при приеме пищи. В последующие дни поднятие головного конца кровати, присаживание больного и опускание нижних конечностей, затем (при адекватном соматическом статусе) – вставание с помощью медицинского персонала на 2–3–5 мин около кровати и пересаживание в прикроватное кресло при легком и средней тяжести ишемическом инсульте.

Оценка и коррекция расстройств глотания. Поперхивание при глотании жидкой или твердой пищи, которое возникает, как правило, у большого числа больных и, к сожалению, может привести к тяжелым последствиям – аспирационной пневмонии, повышению артериального давления, резкой головной боли, асфиксии, потери сознания и даже к летальному исходу. С первых часов и суток больному следует поднимать и придерживать голову во время еды. Но уже на 2–3-й день показано возвышенное положение в момент приема пищи, кормление маленькими глотками, контроль за проглатыванием, исключение скопления пищи и слюны в полости рта. Активная вертикализация туловища в момент глотания и исключение поперхивания обеспечивают попадание пищи в трахею и бронхиальное дерево.

Всем пациентам с острым нарушением мозгового кровообращения необходима оценка функции глотания. В зависимости от результатов тестирования осуществляется выбор системы питания для каждого пациента. При выраженных расстройствах глотания используются зондовое и парентеральное питание. При нарушении глотания кормление проводят только в положении больного сидя с опорой под спину, дополнительно подбирается поза для наиболее эффективного и безопасного глотания (наклон головы вперед, поворот в пораженную сторону в момент проглатывания). Необходим подбор консистенции пищи (мягкая, густое пюре, жидкое пюре, густой кисель, мусс, йогурт и пр. полужидкая пища). Исключаются из рациона продукты, часто вызывающие аспирацию, – жидкость обычной консистенции, хлеб, печенье, орехи и т.п. После кормления необходимо тщательно обрабатывать полость рта для исключения возможности аспирации и сохранять вертикальное положение больного около 30 мин. При реабилитации больных с дисфагией используют специальные лечебно-гимнастические упражнения

и внутриглоточную электростимуляцию.

Онтогенетически обусловленная кинезотерапия. Расстройства регуляции движений после инсульта приводит к нарушению моторного праксиса – высшего автоматизма по определению Н.А.Бернштейна. Больных приходится обучать сложным, целенаправленным привычным движениям, переводя их из автоматизированных в заново обучаемые с использованием физиологических синергий. Так больному нужно объяснить, что, для того чтобы встать из положения сидя, ему нужно отодвинуть ноги под стул и переместить центр тяжести вперед. Парализованный больной не может сесть в кровати так, как это делает взрослый человек, обучение его использованию приемов ребенка значительно облегчает этот переход. В палатах ранней реабилитации развивают способность к самообслуживанию: приему пищи, одеванию, умыванию, применению вспомогательных средств. Вспомогательные средства ухода не должны чрезмерно замещать собственные возможности пациента, он должен уметь ими пользоваться. Целесообразно применять устойчивую четырех-опорную трость. Длина трости должна превышать уровень тазобедренного сустава, этим предотвращается перекос туловища в здоровую сторону и уменьшается спастическое напряжение мышц пораженной стороны. Следует помнить, что прежде чем приступить к тренировке ходьбы, необходимо тренировать стабильность и равновесие в положении стоя.

Наиболее часто у больных с постинсультными парезами в первые 4-5 недель после инсульта возникает «синдром болевого плеча», который встречается у 20-40% больных с постинсультными парезами. Помимо случаев поражения плечевого сустава наблюдаются изменения и других суставов (артропатии) в среднем у 15% больных с постинсультными парезами. Локализуются артропатии преимущественно в суставах пальцев руки и лучезапястном суставе, у 45% больных с артропатиями они распространяются на локтевой и плечевой суставы, у 22% на суставы паретичной ноги. Развиваются артропатии в среднем в течение первых двух месяцев после инсульта.

Медикаментозное лечение. В рамках ранней реабилитации больных с инсультом трудно провести грань между реабилитационными и лечебными методами. Применение лекарственных препаратов в остром периоде инсульта объясняется необходимостью коррекции системной гемодинамики, перфузии мозга, явления отека мозга, проведения патогенетической терапии (антигипоксической, антиоксидантной, нейропротективной, нейротрофической), адекватного обеспечения двигательной системы, состояния ортостаза. Принципы медикаментозной терапии включают также лечение фоновых, сопутствующих заболеваний и акти-

вацию регенеративно-репаративных процессов мозга через механизмы пластичности. Указанный многосторонний подход к лечению определяет целесообразность применения препаратов комбинированного действия. К таким препаратам относится кавинтон-форте - вазоактивный препарат, который воздействует в основном на микроциркуляторное русло, снижает агрегацию эритроцитов и тромбоцитов, увеличивает количество капилляров, снижает их проницаемость, улучшает венозный отток, устраняет вазоспазм, не влияя на системное артериальное давление.

Ишемический инсульт сопровождается расстройствами микроциркуляции, реологических свойств крови, вегетативной регуляции, венозного оттока, нейротрансмиссии, пластичности. Риск повторного инсульта особенно велик в первый год после перенесенного заболевания, в связи с чем особое значение приобретает вторичная медикаментозная профилактика, которая начинается практически с острого периода. С учетом того, что после перенесенного ишемического инсульта отмечается истощение антиагрегационного потенциала сосудистой стенки, приводящее к тромбообразованию, нарастанию степени выраженности атеросклероза и прогрессированию недостаточности кровоснабжения мозга, основным направлением вторичной профилактики инсульта являются: антиагрегантная, гипотензивная терапия, улучшение церебральной гемодинамики и повышение функциональных возможностей мозга, а также адекватное лечение атеросклероза. Учитывая, что ключевая роль в ишемических нарушениях принадлежит активации тромбоцитарно-сосудистого звена гемостаза немаловажная роль в профилактике инсультов отводится антиагрегантным средствам. В настоящее время широко используется аспирин как кишечнорастворимые формы: тромбо АСС, аспирин кардио.

При наличии у пациентов атеросклероза необходимо рекомендовать диету с преимущественным использованием растительных жиров, а также применение гиполипидемических средств, в частности статинов, которые оказывают лечебное и профилактическое действие. В исследовании PROGRESS (2001 г) доказана эффективность использования ингибиторов АПФ для профилактики ишемических и геморрагических инсультов, как у пациентов с артериальной гипертонией, так и без таковой. Таким образом, ранняя реабилитация является необходимым звеном в системе оказания стационарной помощи больным инсультом. Основными направлениями ее являются: активизирующий уход, лечение положением, онтогенетическая кинезотерапия, медикаментозное обеспечение процессов гомеостаза (включая гемодинамику и микроциркуляцию), пластичности и активной мобилизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юнусов Ф.А., Гайгер Г., Микус Э. Организация медико-социальной реабилитации за рубежом.-М.: Общероссийский общественный фонд “Социальное развитие России”, 2004.
2. Камаева О.В., Полина Монро. Мультидисциплинарный подход в ведении и ранней реабилитации неврологических больных. Методическое пособие. Под ред. акад. РАМН проф. А.А.Скоромца. СПб., 2003.
3. Сорокоумов В.А. и др. Методические рекомендации по организации неврологической помощи больным с инсультом в Санкт-Петербурге. СПб., 2002.
4. Белова А.Н. Нейрореабилитация: руководство для врачей. М.: Антидор, 2000.- 253–321 с.
5. Скворцова В.И. и др. Ранняя реабилитация больных с инсультом: Методические рекомендации № 44. М.: Изд-во РУДН. 2004; 40: ил.
6. Кадыков А.С., Шахпаронова Н.В. Реабилитация после инсульта.- РМЖ, неврология, Том 11, № 25, 2003.

УДК 532.533

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ВЫВОДА УРАВНЕНИЙ НЕРАЗРЫВНОСТИ ДЛЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ С ИСТОЧНИКАМИ МАССЫ И ДИФФУЗИЕЙ

В.В. Рындин

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

Сұйықтық көпқұрамды ағындыларда тасымалдау теориясын физикалық шамаларының әріптік белгілері және терминдері үндестіру өткізілді. Шамалар кіргізген белгілерін пайдалануымен үзіксіздік теңдеулерін қорыту берілді.

The generalization of the designations and terms of physical magnitudes of the theory of carrying in multicomponent fluid flows is held. The inference of continuity equations with use of the entered designations of magnitudes is given.

Вводная часть. В работе [1] дан анализ уравнений неразрывности (сохранения массы) для однородных сред без внутреннего притока (стока) массы. Однако в технике встречаются случаи движения сплошной среды с непрерывным по ходу движения среды возникновением (исчезновением) вещества данного сорта за счёт, например, химической реакции превращения или вследствие изменения фазового состояния вещества (испарение движущейся жидкости с появлением в ней пузырьков пара или конденсация пара с появлением в нём жидких капель).

Величина, используемая для характеристики интенсивности источников массы, получила следующие наименования и обозначения: q – «масса флюида, поступающего (уходящего) в единицу времени в единицу объёма» [2]; r – «масса, возникающая в единице объёма в единицу времени» [3]; j_V – «плотность внутренних источников и стоков массы» [4]; J – «секундный, отнесённый к единице объёма прирост массы в данной точке потока», или «отнесённая к единице объёма секундная массовая скорость» [5]; \dot{m}_e – «масса, подаваемая на единицу объёма в единицу

времени» [6]; κ – «изменение массы в единицу времени на единицу объёма» [7]. Как видим, обозначение и наименование данной величины ещё не установились. Заметим, что данная величина не является массой (m , кг), а является производной величиной от массы (кг/(м³·с). Поэтому называть эту величину массой (в единице объёма в единицу времени) некорректно – это другая величина [8].

Аналогичным образом обстоит дело с наименованиями и обозначениями других величин многокомпонентных смесей, например, плотности. Так, в работе [5] уравнение неразрывности для i -го компонента смеси записывается в виде

$$\frac{\partial \rho^{(i)}}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho^{(i)} \mathbf{V}^{(i)}) = J^{(i)}, \quad (1)$$

а в работе [2] –

$$\frac{\partial(\alpha_i \rho_i)}{\partial t} + \operatorname{div}(\alpha_i \rho_i \vec{\delta}_i) = J_i, \quad (2)$$

где α_i – доля объёма смеси, занимаемая фазой в данной точке.

В работе [9] уравнение диффузии записывается в виде

$$j_i = -D \frac{\partial \rho_i}{\partial n}. \quad (3)$$

При этом величину $\rho^{(i)}$ в (1) называют *плотностью* i -ой компоненты (величина ρ_i в контексте к (2) никак не конкретизируется), а величину ρ_i в (3) – *местной концентрацией* данного компонента, кг/м³. В то же время в [5] под массовой концентрацией частиц понимают безразмерную величину $\rho^{(i)}/\rho$. Очевидно в (1) и (2) стоят различные величины $\rho^{(i)}$ и ρ_i , обозначаемые практически одинаковыми символами (в последнее время верхний индекс заменяют нижним). При изучении этих разделов возникают вопросы: в чём разница между этими плотностями и, что понимается под массовой концентрацией компонента – размерная или безразмерная величина. Данная статья посвящена разрешению этих и других вопросов, а также выводу уравнений неразрывности для однородных и неоднородных сред с внутренними источниками массы.

Уравнение неразрывности для однородной среды при наличии источников (стоков) массы. Рассмотрим интегральный метод введения уравнения изменения массы для контрольного пространства (КП) конечных размеров при наличии внутри него равномерно распределённых источников (стоков) массы. Предварительно введём некоторые величины теории

переноса, используемые далее.

Если через поверхность переносится вещество массой δm за время dt , то отношение $J \equiv \dot{m} = \delta m / dt$ называется потоком массы.

Отношение элементарного потока массы δJ , создаваемого источником (поглощаемого стоком) массы, к объёму δV источника (стока) массы называется объёмной плотностью потока массы (интенсивностью источника массы)

$$J_V = \delta J / \delta V \equiv \dot{m}_V = \delta \dot{m} / \delta V . \quad (4)$$

Отношение элементарного потока массы δJ к площади площадки δA_{\perp} , расположенной перпендикулярно направлению потока, называется поверхностной плотностью потока массы (плотностью потока массы) $j \equiv J_A = \delta J / \delta A_{\perp}$.

Поверхностная плотность потока (плотность потока) рассматривается как вектор $\vec{j} = \rho \vec{c}$, что позволяет определять знак и значение потока J в зависимости от угла между этим вектором и направлением нормали \vec{n} к поверхности:

$$J = \int_A \vec{j} \cdot \delta \vec{A} = \int_A \vec{j} \cdot \vec{n} \delta A = \int_A j \delta A_{\perp} = \int_A j_n \delta A = \int_A \rho \vec{c} \cdot \vec{n} \delta A = \int_A \rho \vec{c} \cdot \delta \vec{A} \quad (5)$$

где $\delta A_{\perp} = \cos(\vec{j}, \vec{n}) \delta A$ – проекция площади δA на плоскость, перпендикулярную вектору поверхностной плотности потока \vec{j} .

Чаще всего рассматривается внешняя нормаль, направленная наружу от поверхности. В этом случае скалярное произведение векторов $\vec{j} \cdot \vec{n} = j \cos(\vec{j}, \vec{n}) = j_n$ положительно для вытекающей жидкости (в этом случае $J_{\hat{a}\hat{a}\hat{a}} > 0$), а втекающей жидкости – отрицательно ($J_{\hat{a}\hat{a}\hat{a}} < 0$).

При наличии притока вещества от источников массы изменение массы внутри КП будет происходить как за счёт внутреннего потока массы от источников массы, так и за счёт внешнего потока массы через контрольную поверхность.

Внутренний поток массы, создаваемый за счёт внутренних источников массы, с учётом (4) определится выражением

$$J_{\text{внутр}} = \int_V J_V \delta V \quad (6)$$

знак которого совпадает со знаком изменения плотности внутри КП: при подводе массы плотность растёт, а при отводе – убывает.

Внешний поток массы через замкнутую контрольную поверхность определяется выражением (5)

$$J_{\text{внеш}} = -(J_{\text{втек}} + J_{\text{вытек}}) = -\oint_A \rho \vec{c} \vec{n} \delta A = -\oint_A \rho c_n \delta A \quad (7)$$

Знак минус здесь вводится для согласования знаков входящего и выходящего потоков со знаком изменения массы (плотности) внутри КП: входящий поток должен увеличивать, а выходящий уменьшать массу внутри КП.

Поскольку контрольное пространство неподвижно и его объём постоянен, то скорость изменения массы внутри КП будет определяться локальной производной от массы по времени

$$\frac{dm}{dt} = \frac{\partial m}{\partial t} = \int_V \frac{\partial \rho}{\partial t} \delta V. \quad (8)$$

Закон изменения массы внутри КП можно сформулировать так: *скорость изменения (приращения) массы внутри КП равна алгебраической сумме внутреннего и внешнего потоков массы* $\frac{\partial m}{\partial t} = J_{\text{внутр}} + J_{\text{внеш}}$, или с учётом (6) – (8)

$$\int_V \frac{\partial \rho}{\partial t} \delta V = \int_V J_V \delta V - \oint_A \rho \vec{c} \delta \vec{A}. \quad (9)$$

Для того чтобы получить это уравнение в дифференциальной форме, воспользуемся формулой Гаусса-Остроградского, которая позволяет преобразовать интеграл по замкнутой поверхности в интеграл по объёму, ограниченному этой поверхностью: $\oint \rho \vec{c} \delta \vec{A} = \int \text{div}(\rho \vec{c}) \delta V$.

Подставляя это выражение в (9) и преобразуя, получим

$$\int_V \left[\frac{\partial \rho}{\partial t} - J_V + \text{div}(\rho \vec{c}) \right] \delta V = 0. \quad (10)$$

Если плотность ρ , скорость \vec{c} и их производные непрерывны, то в силу произвольности объёма V , подынтегральное выражение в (10) должно равняться нулю, т. е. мы приходим к уравнению неразрывности для потока при наличии источников (стоков) массы в дифференциальном виде:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{c}) = J_V \equiv \dot{m}_V. \quad (11)$$

Уравнение неразрывности для потока неоднородной среды. Значительные трудности возникают при строгом установлении аналогичных уравнений для *неоднородных* сред, представляющих механическую смесь разнообразных компонентов. Если все компоненты

одинаковы по своему фазовому составу, то такую смесь называют *гомогенной* (иногда *многокомпонентной*), если же в смеси имеются компоненты, различающиеся друг от друга по фазе, то среда называется *гетерогенной* (иногда *многофазной*). К числу последних можно причислить, например, жидкости с твёрдыми или газовыми включениями, газы с жидкими или твердыми включениями. Неоднородные потоки получают с каждым днём все более широкие технические применения, а теория их занимает умы многочисленных учёных и инженеров. Теоретическое описание неоднородных по физическому или химическому составу потоков, независимо от того, будет ли поток гомогенным или гетерогенным, требует принятия основного допущения о сплошности всех совместно движущихся совокупностей частиц, как отдельных составляющих, так и смеси их в целом.

При изучении смесей необходимо знать количество компонента в данной точке пространства и в данный момент времени. Поэтому в анализ вводятся следующие величины.

Плотность компонента смеси (истинная плотность ρ_i^0 [5]) – отношение массы компонента к его парциальному (приведённому, частичному) объёму V_i [10]

$$\rho_i = \frac{m_i}{V_i} = \frac{P_{cm}}{R_i T} \equiv \frac{P}{R_i T} . \quad (12)$$

Массовая концентрация компонента смеси – отношение массы компонента к объёму смеси V [8]

$$\rho'_i = \frac{m_i}{V} = \frac{P_i}{R_i T} . \quad (13)$$

Эту величину называют *парциальной плотностью*, или плотностью при парциальном давлении ρ'_i [10], плотностью ρ_i [3, 4, 5, 7], т. е. большинство авторов для обозначения и наименования плотности, определяемой выражением (13), используют обозначение и наименование плотности, определяемой формулой (12), что вносит определённые трудности при рассмотрении соответствующих формул. Поскольку отношение какой-либо величины, характеризующей содержание компонента в смеси, к объёму смеси принято называть концентрацией (массовой, молярной, объёмной, молекулярной) [8], то величину, определяемую выражением (13), правильно называть *массовой концентрацией* i -го компонента (ρ_i [9]). Для обозначения массовой концентрации вводится символ плотности ρ_i , однако, чтобы подчеркнуть, что это не плотность в строгом понимании этой величины, следует использовать символ со штрихом ρ'_i .

Таким образом, отношение m/V в зависимости от того, что понимается под массой и объёмом в смеси, даёт три различные величины:

$$\rho \equiv \rho_{см} = \frac{m_{см}}{V_{см}} \text{ – плотность смеси;}$$

$$\rho_i = \frac{m_i}{V_i} \text{ – плотность компонента смеси;}$$

$$\rho'_i = \frac{m_i}{V_{см}} \text{ – массовую концентрацию компонента смеси.}$$

Объёмная доля компонента смеси – отношение парциального объёма компонента к объёму смеси: $r_i = V_i/V$ [10] (α_i [2, 5]).

Массовая доля компонента смеси – отношение массы компонента к массе смеси [10]

$$g_i = \frac{m_i}{m} = \frac{\rho'_i}{\rho} = \frac{\rho_i V_i}{\rho V} = \frac{r_i \rho_i}{\rho}, \quad (14)$$

Отношение $\rho'_i/\rho = g_i$ называют относительной плотностью ([4]), массовой концентрацией ($c^{(i)} = \rho^{(i)}/\rho$ [5]). Поскольку массовая концентрация является размерной величиной ($\text{кг}/\text{м}^3$), то долю – безразмерную величину – нельзя называть концентрацией; величину ρ'_i/ρ с некоторой долей условности можно назвать *относительной массовой концентрацией* ($m_i = \rho_i/\rho$ [9]).

Плотность смеси

$$\rho = m/V = \sum m_i/V = \sum \rho'_i = \sum \rho_i V_i/V = \sum r_i \rho_i. \quad (15)$$

В общем случае абсолютная скорость \vec{c}_i (относительно стенок канала) частиц i -го компонента смеси складывается из скорости потока как целого \vec{c} (переносной скорости, или скорости конвективного переноса) и скорости диффузии $\vec{c}_{дi}$ – относительной скорости этих частиц относительно потока как целого:

$$\vec{c}_i = \vec{c} + \vec{c}_{дi}. \quad (16)$$

Средняя скорость потока (скорость конвективного переноса) определяется из условия равенства суммарного импульса компонентов смеси импульсу всей смеси в целом по формуле

$$\vec{c} = \sum m_i \vec{c}_i / m = \sum \rho'_i \vec{c}_i / \rho. \quad (17)$$

Умножив все члены (16) на массовую концентрацию ρ'_i , получим выражение для суммарной плотности потока массы i -го компонента смеси за счёт диффузионного (молекулярного) и конвективного (макроскопического) переноса

$$\rho'_i \vec{c}_i = \rho'_i \vec{c}_{di} + \rho'_i \vec{c} \quad \text{или} \quad \vec{j}_i = \vec{j}_{di} + \rho'_i \vec{c} \equiv \vec{j}_{di} + \vec{j}_{ki}, \quad (18)$$

где $\vec{j}_i = \rho'_i \vec{c}_i$ – суммарная плотность потока массы i -го компонента ($\vec{N}_A = \rho_A \vec{V}_A$ – компонента A [3], \vec{j}_i [9]; остальные авторы эту величину не используют);

$\vec{j}_{ki} = \rho'_i \vec{c}$ – плотность диффузионного потока массы (диффузионная составляющая плотности потока массы) i -го компонента ($\vec{J}_A = \rho_A (\vec{V}_A - \vec{V})$ – поток массы компонента A через единичную площадку, движущуюся с гидродинамической скоростью \vec{V} [3], $\vec{j}_i = \rho_i (\vec{u}_i - \vec{u})$ – плотность потока массы i -го компонента [4], $\vec{I}_i = \rho_i (\vec{d}_i - \vec{d})$ – вектор потока диффузии [7]);

$\vec{j}_{\hat{e}i} = \rho'_i \vec{c}$ – плотность конвективного потока массы (конвективная составляющая плотности потока массы) i -го компонента смеси. Если в смеси происходят химические реакции или ионизация, то массы компонентов m_i могут изменяться. Обозначим объёмную плотность потока массы возникновения i -го компонента смеси за счёт химических реакций символом J_{Vi} (4). Величины J_{Vi} определяются в химии. Основной закон химических реакций заключается в том, что общая масса смеси остается постоянно, и поэтому

$$\sum J_{Vi} = 0. \quad (19)$$

Уравнение неразрывности i -го компонента (фазы) будет иметь ту же форму (11), что и в случае однородной среды, с той лишь разницей, что вместо ρ , \vec{c} и J_V будут стоять соответственно ρ'_i , \vec{c}_i и J_{Vi} :

$$\frac{\partial \rho'_i}{\partial t} + \text{div}(\rho'_i \vec{c}_i) = J_{Vi}, \quad \text{или} \quad \frac{\partial \rho'_i}{\partial t} + \text{div} \vec{j}_i = J_{Vi}. \quad (20)$$

Если в (20) массовую концентрацию ρ'_i заменить плотностью i -го компонента $\rho'_i = r_i \rho_i$ (14), то уравнение (20) примет вид

$$\frac{\partial (r_i \rho_i)}{\partial t} + \text{div}(r_i \rho_i \vec{c}_i) = J_{Vi}. \quad (21)$$

Суммируя обе части этого уравнения по всем компонентам с учётом (15), (17) и (19), получим уравнение неразрывности для смеси в целом

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{c}) = 0. \quad (22)$$

Вводя в уравнение (20) плотность ρ и скорость \vec{c} смеси путём использования соотношений (14) $\rho'_i = g_i \rho$ и (18) $\vec{j}_i = \vec{j}_{di} + \rho'_i \vec{c} = \vec{j}_{di} + g_i \rho \vec{c}$ и преобразуя его, получим

$$\frac{\partial(\rho g_i)}{\partial t} + \operatorname{div}(g_i \rho \bar{c}) = \rho \frac{\partial g_i}{\partial t} + g_i \left[\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \bar{c}) \right] + \rho \bar{c} \cdot \operatorname{grad} g_i = J_i - \operatorname{div} \bar{J}_{di}$$

Поскольку выражение в квадратных скобках согласно (22) равно нулю, окончательно получим

$$\rho \frac{\partial g_i}{\partial t} + \rho \bar{c} \cdot \operatorname{grad} g_i = J_i - \operatorname{div} \bar{J}_{di} \quad (23)$$

Это уравнение носит наименование уравнения сохранения массы для одного компонента смеси [3, 9], уравнения переноса массы [4], уравнения концентрации i -го компонента [5].

В левую часть уравнения неразрывности для i -го компонента (23) входит соотношение $\frac{\partial g_i}{\partial t} + \bar{c} \cdot \operatorname{grad} g_i$, которое некоторые авторы [9] отождествляют с субстанциональной (индивидуальной) производной по времени для относительной концентрации i -го компонента, движущегося со скоростью \bar{c}_i , что не следует делать, так как $\frac{\partial g_i}{\partial t} + \bar{c} \cdot \operatorname{grad} g_i \neq \frac{dg_i}{dt} = \frac{\partial g_i}{\partial t} + \bar{c}_i \cdot \operatorname{grad} g_i$. Чтобы подчеркнуть различие между индивидуальной производной, связанной с движением частиц i -го сорта, и аналогичной операцией, производимой в смеси, движущейся со скоростью \bar{c} , вводятся специальные обозначения: $\frac{d^{(i)}}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + (\bar{v}^{(i)} \cdot \bar{\nabla})$ и $\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + (\bar{v} \cdot \bar{\nabla})$ [5].

В правую часть (23) входят соотношения, характеризующие возникновение i -го компонента за счет физико-химических превращений и диффузию (распространение) i -го компонента в смеси. Диффузией называют самопроизвольный процесс, стремящийся к установлению внутри фаз равновесного распределения концентраций. Молекулярная диффузия имеет место и в неподвижных средах. Постепенное размывание первоначально резкой границы между двумя различными жидкостями – обычный пример молекулярной диффузии. В случае турбулентного течения макроскопический обмен благодаря турбулентному перемешиванию частиц жидкости обычно значительно превосходит обмен благодаря молекулярным (диффузионным) процессам.

В однородной по температуре и давлению смеси процесс диффузии направлен к выравниванию концентрации в системе; при этом происходит перенос вещества из области с большей в область с меньшей концентрацией.

В случае ламинарного течения смеси связь между плотностью диффузионного потока массы i -го компонента $\bar{J}_{di} = \rho'_i \bar{c}_{di}$ и градиентом его массовой концентрации $\operatorname{grad} \rho'_i$ устанавливается первым (градиентным) законом Фика

$$\vec{j}_{di} = \rho'_i \vec{c}_{di} = -D \text{grad } \rho'_i = -D \text{grad } \rho g_i, \quad (24)$$

где D – коэффициент концентрационной диффузии, $\text{м}^2/\text{с}$.

Коэффициент диффузии возрастает с увеличением температуры и уменьшается с ростом давления. В бинарной смеси коэффициент диффузии будет одинаковым как для первого, так и для второго взаимно диффундирующих компонентов.

Для однородной по температуре и давлению двухкомпонентной (бинарной) смеси, а значит и однородной суммарной плотности ρ , закон Фика (24) и уравнение неразрывности (23) при наличии химических реакций запишутся так:

$$\vec{j}_{di} = -\rho D \text{grad } g_i, \quad \frac{\partial g_i}{\partial t} + \vec{c} \cdot \text{grad } g_i = J_{Vi}/\rho + D \nabla^2 g_i. \quad (25)$$

Для неподвижной среды и при отсутствии источников массы уравнение (25) сводится к виду $\frac{\partial g_i}{\partial t} = D \nabla^2 g_i$, называемому вторым законом Фика [3].

Если температура смеси переменна, то возникает так называемая *термическая диффузия* (эффект Соре). Термодиффузия приводит к образованию градиента концентрации. Этому препятствует процесс концентрационной диффузии, стремящейся выровнять состав. В результате с течением времени может установиться стационарное состояние, при котором уравновесятся противоположные влияния термодиффузии и концентрационной диффузии.

Если в смеси имеет место градиент полного давления, то может возникнуть диффузия за счет неоднородности давления. Этот вид диффузии называют *бародиффузией*. Как и термодиффузия, бародиффузия сопровождается и обычным переносом массы, вызванным разностью концентрации.

С учетом концентрационной диффузии, термодиффузии и бародиффузии плотность диффузионного потока массы i -го компонента описывается уравнением

$$\vec{j}_{di} = -\rho \left(D \text{grad } g_i + \frac{D_T}{T} \text{grad } T + \frac{D_p}{p} \text{grad } p \right) \quad (26)$$

где D – коэффициент концентрационной диффузии, $\text{м}^2/\text{с}$; $D_T = k_T D$ – коэффициент термодиффузии, $\text{м}^2/\text{с}$; $D_p = k_p D$ – коэффициент бародиффузии, $\text{м}^2/\text{с}$.

Коэффициенты $k_T = D_T/D$ и $k_p = D_p/D$ называются соответственно термодиффузионным и бародиффузионным отношениями (безразмерные величины).

Первый член суммы в уравнении (26) учитывает концентрационную диффузию, второй – термодиффузию и третий – бародиффузию.

Таким образом, суммарный перенос массы какого-либо компонента путем молекулярной диффузии является следствием концентрационной диффузии, термической диффузии и бародиффузии.

Отвечая на поставленные в начале статьи вопросы относительно уравнений (1) – (3), отметим следующее. Уравнение (1) аналогично уравнению (20), уравнение (2) – (21), а уравнение (3) – (24). Следовательно, в уравнениях (1) и (3) под величинами $\rho^{(i)}$ и ρ_i следует понимать массовую концентрацию (парциальную плотность) i -го компонента ρ'_i , определяемую выражением (13), а под ρ_i в (2) – плотность (истинная) i -го компонента, определяемую выражением (12).

ЛИТЕРАТУРА

1. Рындин В.В. Анализ методов вывода уравнений неразрывности в механике жидкости и газа //Наука и техника Казахстана. – 2009. – № 1. – С. 117–128.
2. Басниев К.С. и др. Нефтегазовая гидромеханика: Учеб. пособие для вузов. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005. 344 с.: ил.
3. Дэйли Дж., Харлеман Д. Механика жидкости //Пер с англ. – М.: Энергия, 1971. – 480 с.: ил.
4. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.: ил.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа.– М.: Наука, 1987.– 840 с.: ил.
6. Самойлович Г. С. Газодинамика: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1990. – 384 с.: ил.
7. Седов А. И. Механика сплошной среды, т. 1. – М.: Наука, 1976.– 536 с.: ил
8. Стоцкий Л.Р. Физические величины и их единицы: Справ. кн. для учителя. – М.: Просвещение, 1984. – 239 с.
9. Теплопередача: Учеб. для вузов/В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – 4-е изд. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.: ил.
10. 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 378.147

ИНТЕРАКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

К.Т. Саканов, С.Т. Тотай

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

Студенттердің оқу белсенділігін арттыру үшін проблемалы оқыту әдістемелерін пайдаланудың белгілі нұсқаларын қолдану қарастырылған.

Considered the methods of enhancing the training of students, whose implementation is largely based on the use of problem – based learning techniques.

«Методика преподавания общетехнических и специальных дисциплин (для специализации строительство)» вместе с «Общей психологией», «Общей педагогикой», «Компьютерной графикой» входят в состав циклов базовых дисциплин и профилирующих дисциплин, задачей которых является формирование у студентов системы профессиональных знаний, а также развитие умений и навыков в профессионально-педагогической деятельности [1].

В статье рассмотрены методы активизации учебной работы студентов, развития у них технического мышления и творческих способностей, осуществление которых в значительной степени основывается на использовании методики проблемного обучения, также здесь рассмотрены некоторые моменты создания проблем при решении конкретных практических ситуации и решении учебных задач.

Для развития познавательных и творческих способностей студентов, формирования технического мышления опытные преподаватели используют новые методы и подходы к обучению: программированный, алгоритмизации, проблемный, эвристический.

Программированное обучение рассматривается как важный путь эффективного управления учением посредством упорядоченного отбора информации.

Суть программированного обучения заключается в том, что учебный материал разделяется на малые дозы (шаги), по каждой из

которых учащийся выполняет задание. Правильность выполнения его контролируется немедленно машинным или безмашинным способом, после чего обучающийся получает разрешение перейти к изучению новой дозы материала. В случае неверного решения студент получает разъяснение или указание еще раз изучить тему, а затем снова выполнить поставленное задание. Методика программирования учебного материала и использования технических средств изучается студентами в курсе «Компьютерная графика».

Опыт показывает, что метод программирования наиболее целесообразно использовать при формировании умений и навыков, а также при изучении конкретного материала, когда на поставленный вопрос имеется однозначный и короткий ответ. При изучении технологических дисциплин для принятия решений в большинстве случаев требуется сопоставлять многочисленные факторы и практически не удается запрограммировать весь учебный материал этих дисциплин. Серьезным недостатком программированного обучения является то, что наряду с развитием самостоятельности учащегося оно не стимулирует его творчества, удерживая в очерченных рамках заданной программы. Учитывая сказанное, в практике преподавания строительных дисциплин более широко используют только программированный контроль знаний.

С программированным обучением тесно связана так называемая *алгоритмизация обучения*, которая обеспечивает наиболее экономичную продуктивную познавательную работу студента. К выполнению самостоятельного задания обучающийся часто подходит путем проб и ошибок. С целью научить студента логике мышления ему дают точные указания о последовательности элементарных операций, приводящих к правильному решению задачи, обучающий алгоритм.

Примером алгоритмизации обучения студента служит использование на занятиях различных инструкционных материалов. Например, неисправность в механизме (по дисциплине «Строительные машины и оборудование») обнаруживается обучающимся в предписанной последовательности. Определение производительности машины, расчет конструкции, подсчет объемов работ, лабораторные работы и многие другие задачи решаются в определенной последовательности, т.е. с использованием алгоритмов действий.

Эвристический подход к изложению нового материала основан на активной мыслительной деятельности обучающегося, построенной на сообразительности, догадке. Наиболее успешно эвристический подход используется при изложении учебного материала методом беседы, например, рассмотренным ниже.

Проблемное обучение основывается на максимальном приближении обучения к естественному процессу мышления. При этом функция мышления направлена на «открытие» новых способов действия и новых знаний, подлежащих усвоению. В процессе обучения мышление выполняет эту функцию лишь в условиях определенных ситуаций, активизирующих его. Такие ситуации называются проблемными. Главным элементом проблемной ситуации является новое, неизвестное, что должно быть открыто для правильного выполнения задания или нужного действия.

Модель проблемного обучения показано на рисунке 1.

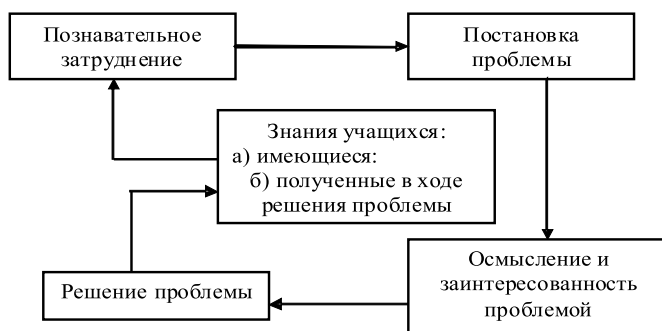


Рисунок 1 – Схема проблемного обучения

Преподаватель создает проблемную ситуацию и поясняет суть задания; студенты осознают его. Решается проблемная ситуация совместно со студентами и преподавателем при оптимальной самостоятельности обучающегося.

Проблемное построение учебного материала заставляет преподавателя использовать самые разнообразные виды самостоятельных работ студента, что стимулирует совершенствование всего учебно-воспитательного процесса. Существенным преимуществом проблемного обучения является высокая эмоциональность и активность работы учащихся при решении проблемных ситуаций.

Пути создания проблемной ситуации разнообразны, и выбор одного из них зависит от характера учебного материала, степени подготовленности обучающегося и бюджета времени [2].

Рассмотрим некоторые моменты создания проблем при решении конкретных практических ситуаций и решении учебных задач.

Анализ конкретных практических ситуаций. Цель метода – научить студентов анализировать информацию, выявить ключевые проблемы, выбирать альтернативные пути решения, оценивать их, принимать оптимальное решение и формулировать программу действий. При анализе

конкретных ситуаций особенно важно то, что в этом методе сочетаются индивидуальная работа студентов с проблемной ситуацией и групповым обсуждением предложений, подготовленных каждым членом группы.

Алгоритм решения проблемной ситуации представляет собой четкую программу в виде универсальной последовательности операций по анализу проблемы, формулированию противоречия и поиску решения с помощью логических, психологических и других инструментов. Применение подобного алгоритма в ходе учебного процесса вырабатывает у обучающихся своеобразный стиль мышления, в основе которого – гибкость, оригинальность, чуткость к противоречиям, умение осознанно моделировать идеальный эталон, психологически ориентируясь на его достижение и добиваясь желаемого кратчайшим путем, создает ощущение красоты интеллектуального процесса. Такой метод предлагает для развития креативного мышления как материал, содержащий реальную проблему, так и методику осознанного овладения мыслительными операциями и приемами.

Решение учебных задач. Учебная задача выступает как узловым моментом, аккумулирующим все содержание акта обучения. Наибольшей проблемностью обладают трансформированные и творческо-поисковые задачи.

В трансформированных задачах нужно применять известные формулы и правила в новых ситуациях; здесь эвристические шаги играют ведущую роль.

В творческо-поисковых задачах решение строится на сочетании логического анализа и интуиции. Структура деятельности по решению таких задач включает следующие этапы: анализ состава задачи; осознание проблемности задачи; поиск плана решения; выдвижение гипотезы, ее доказательство и составление плана решения; осуществление решения; реализация последовательности шагов плана и доказательство того, что результат удовлетворяет требованиям задачи; установление и закрепление в памяти тех приемов, которые привели к решению.

Данный метод наиболее оптимален при выполнении контрольной работы, связанной с правильностью выбора накладных средств для измерения и контроля наружных и внутренних поверхностей детали.

Применение рассмотренных нами интерактивных методов в образовательном процессе повышает результативность учебно-познавательной деятельности при подготовке педагогов профессионального обучения.

Достоинством интерактивных технологии является развитие социально и профессионально важных качеств личности студентов.

Итак, интерактивное обучение – это личностно ориентированное взаимодействие всех субъектов профессионально-образовательного процесса в групповой совместной деятельности.

Можно утверждать, что интерактивное обучение способствует формированию ключевых компетенций и квалификации будущих педагогов профессионального обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСО РК 3.08.270 - 2006. Специальность 050120 – Профессиональное обучение.

2. Акимова Л.Д., Аммосов Н.Г. Методика преподавания строительных дисциплин. Учеб. пособие для строит. вузов. – М.: Высш. школа, 1983. – 247 с.

УДК 615.33

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕПАРАТА ГЕПАДИФ У БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКИМ ГЕПАТИТОМ С

**А.К. Смагулова, С.Н. Коновалов,
М.О. Доскельдина, М.П. Корнюхина**

ГУ «Павлодарская областная инфекционная больница»

Қорытындылай келгенде, берілген зерттеулер гепадиф – дәрі-дәрмегін гепатит С вирусымен созылмалы ауырған науқас адам қолданған кезде әлсіздігі, сарғыштанатың вирустық гепатиті азайып, бауыр мөлшері қысқарып, стационар бөлімінде қысқа мерзімде жатады.

The given researches have shown that preparation application - Hepadif, at patients with a chronic virus hepatitis C, - leads to fast cupping of symptoms of an intoxication of an icteric syndrome, reduction of the sizes of a liver, to normalization of level of transaminases, reduces terms visit in a hospital.

Хронические вирусные гепатиты (ХВГ), в том числе хронический гепатит С (ХГС), на сегодняшний день являются глобальной и актуальной проблемой. Это связано с неуклонным ростом заболеваемости ими, прогрессирующим течением, высоким риском возникновения неблагоприятных исходов, таких как цирроз печени и гепатоцеллюлярная карцинома. Несмотря на оптимизм, который вызван результатами противовирусной терапии, нельзя не отметить, что ею по разным причинам могут быть охвачены далеко не все больные ХВГ, по-прежнему достаточно высоким остается процент не ответчиков среди пациентов с наиболее распространенным генотипом 1в вируса гепатита С (HCV). У таких больных на первый план в лечении встает патогенетическая терапия, ведущее место в которой занимают гепатопротекторы. Применение гепатопротекторов способствует активации антиоксидантной системы гепатоцитов, угнетению перекисного окисления липидов, стабилизации клеточных мембран, регенерации печеночной ткани и восстановлению структуры и функции печени, улучшению энергообеспечения клеток и

антитоксической функции печени, восстановлению желчеобразования и стабилизации состава желчи, замедлению развития фиброза и апоптоза, таким образом, корригируя процессы, происходящие в печени при ХВГ. Целью настоящего исследования явилась оценка эффективности препарата гепадиф у больных ХГС. гепадиф – новый гепатопротектор производства Han Seo Pharm, Сеул, Корея, зарегистрированный на Украине. Это комбинированный препарат, в состав которого входят карнитина оротат и карнитина гидрохлорид, антитоксическая фракция экстракта печени, содержащая заменимые и незаменимые аминокислоты, аденина гидрохлорид, пиридоксина гидрохлорид, цианокобаламин, рибофлавин, аденозин. гепадиф оказывает следующие эффекты: предотвращает некроз поврежденных гепатоцитов, восстанавливает функции деструктивно-измененных гепатоцитов, нормализует энергопродукцию, белковый, жировой и углеводный обмен, оказывает мощное детоксицирующее действие. Под нашим наблюдением находилось 42 больных ХГС, которые по различным причинам не получали противовирусную терапию. Средний возраст составил от 14-30 лет. Хронический гепатит с минимальной степенью активности был диагностирован у 14, с умеренной – у 28 пациентов. Больные получали гепадиф по следующей схеме: по 1 флакону внутривенно капельно в течение 5 дней, а затем по 2 капсулы 2 раза в день сроком до 3 месяцев. Эффективность терапии оценивали по клиническим и лабораторным показателям (активность АлАТ, содержание общего билирубина и его фракций, белка и его фракций, фибриногена в сыворотке крови, белково-осадочные пробы, протромбиновый индекс). В клинической картине у обследованных больных наблюдались общая слабость (70%), снижение аппетита (60%), тяжесть в правом подреберье и/или эпигастрии (60%), тошнота (40%), холурия (40%), увеличение печени (100%), желтуха (50%), увеличение селезенки (40%). Изменения в биохимических показателях характеризовались повышением активности АлАТ, у части больных – повышением общего билирубина, тимоловой пробы, снижением сулемовой пробы, протромбинового индекса, содержания альбумина, фибриногена. На фоне терапии препаратом гепадиф у больных отмечалось улучшение субъективного состояния, исчезновение или уменьшение проявлений астеновегетативного, диспепсического синдромов, желтухи, сокращение размеров печени, в том числе восстановление ее экоструктуры по данным УЗИ. Отмечалась положительная динамика со стороны лабораторных показателей: нормализация или снижение активности АлАТ, общего билирубина, повышение сулемовой пробы, протромбинового индекса, содержания фибриногена, альбумина. Полученные результаты позволяют сделать вывод об эффективности

препарата гепадиф у больных ХГС и дают основания рекомендовать его в качестве альтернативного гепатопротектора для лечения хронических заболеваний печени.

Выводы: Таким образом, данные исследования показали, что применение препарата - гепадиф, у больных с хроническим вирусным гепатитом С, -приводит к быстрому купированию симптомов интоксикации желтушного синдрома, сокращению размеров печени, к нормализации уровня трансаминаз, уменьшает сроки пребывания в стационаре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербак Ю.Ф. «Хронические вирусные гепатиты».-Москва, 2000.
2. «Руководство по инфекционным болезням у детей» под. ред. проф. Огай Е.А. -Алматы, 2000.
3. Сидоренко А.Н., Павлов А.В. // «Лечащий врач».-Москва, 2008, №6.- с.20-23.
4. Козлова Н.С., Гладин Д.П. // Тезисы 2-й Международной конференции. -Москва, 1-5.05.2007 г.

УДК 629.113: 504.06.(575.2)

К ВОПРОСУ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

И.Э. Суюнтбеков

*Кыргызский государственный университет строительства,
транспорта и архитектуры*

Бул мақалада автоколiк кешенi нысандарының экологиялық қауiпсiздiгiн көтеру мәселелерi қарастырылған.

The article is dedicated to problem of increasing ecological safety transport complex of the.

Экономика во многих стран мира сегодня развивается динамично, что в свою очередь привело к значительному улучшению показателей жизни. Однако данная картина не является однозначно положительной. Во многих странах природные ресурсы истощаются с катастрофической быстротой, загрязнения окружающей среды (ОС) (воздуха, почвы и воды) продолжают угрожать здоровью жителей земного шара. В этой связи задачи охраны ОС и устойчивое экономическое развитие (здоровая среда обитания, экономическое процветание, социальная справедливость, материальное благополучие) становятся все более взаимосвязанными.

Автотранспорт является наиболее важным составляющим элементом рассматриваемой системы, т.к. он является одновременно и потребителем природных ресурсов и загрязнителем ОС. По общим же прогнозам, странам с переходной экономикой следует изучить происходящие изменения и тенденции в потреблении энергоносителей в развитых странах, которые учитывают и структуру на пользование, и разумный баланс между энергопотреблением и экологией. В настоящее время широкое применение находят различные и научно и практически обоснованные способы достижения решений вышеуказанных проблем. В этой связи более правильная оценка эффективности работы автомобилей

(через овеществленный и живой труд) должна учитывать уровень воздействий транспортного процесса на ОС.

Опасность транспортного средства для ОС определяется не только его конструктивными характеристиками, но и его техническим состоянием. Поэтому важным направлением оздоровления ОС является поддержание в условиях эксплуатации надлежащего технического состояния узлов и агрегатов, влияющих на топливную экономичность автомобиля, выбросы вредных веществ, уровень шума и безопасность движения.

Для крупных городов наиболее острой является проблема снижения выброса вредных веществ в центральной части города, особенно в часы пик. Даже увеличение средней скорости движения, способствующее снижению выброса вредных веществ одиночным автомобилем, не всегда приносит желаемые результаты, так как оно ведет к росту интенсивности дорожного движения, что в свою очередь снижает эффективность мероприятий по организации дорожного движения. Вместе с тем средствами регулирования дорожного движения можно снизить выброс вредных веществ от 5 до 15%.

Характерным показателем масштабов производства являются суммарное мировое потребление ресурсов, региональное потребление на душу населения, темпы роста потребления, соотношение производства и потребления, добычи нефти или других энергоисточников и т.д.

Темпы и уровень расширения масштабов производства находятся в прямой зависимости от энергопотребления, состоящего из электро-, тепло и топливопотребления, которое, как правило, приводятся к единицам условного топлива ($1 \text{ кг у.т.} = 8.16 \text{ кВт/ч}$), имеющего низшую теплоту сгорания 29.3 МДж/кг для твердого и 29.3 МДж/нм^3 для газообразного топлива. В то же время общий расход энергии на транспорте в развитых странах составляет 12...25% от всего энергобаланса. Например: Россия – 12% Англия- 15%, США – 25%. Свыше 90% потребленной энергии на транспорт составляет светлые нефтепродукты.

Энергетические затраты автотранспорта в своей совокупности состоят из прямых и косвенных. Прямые – расход топлива, не прямые – электроэнергия, котельно-печные топлива, теплоэнергия и т.п.

Ниже приведены обобщенные данные по мировому энергопотреблению по основным энергоисточникам (табл.1) и на автотранспорте (табл.2).

Таблица 1.

Энергопотребление по основным энергоисточникам

Годы	Рост энергопотребления, %	Потребность					
		в нефти		в газе		в угле	
		рост, %	млн. бар/день	рост, %	млрд. тонн усл. топ.	рост, %	млрд. тонн усл. топ.
1960...1970	4.5	-	-	-	-	-	-
1970...1980	3.1	-	-	-	-	-	-
1980...1990	2.0	-	-	-	-	-	-
1990...2000	2.1	2.2	97.8	2.5	2.156	2.3	2.811
2000...2010	1.8	1.5	90.2	2.5	2.767	2.0	3.415
2010...2020	1.5	1.1	100.7	2.5	3.526	1.2	3.842

Таблица 2.

Энергопотребление на автотранспорте

Вид перевозок	Энергозатраты	
	г/ткм	г/пасс км
Городские: автомобили с бензиновыми двигателями автомобили с дизелями	~ 100 (86...170) ~ 55 (44...71)	
Междугородные автомобили: с бензиновыми двигателями с дизелями	~ 80 (66...140) ~ 40 (34...55)	
Пассажирские городские автомобили: с бензиновыми двигателями с дизелями		<u>14,11...23</u> 165 <u>10,8...16</u> 11,35
Таксомоторные междугородные автомобили: с бензиновыми двигателями. с дизелями.		<u>133...143</u> 135 ~12.5...9.16

Известно, что транспорт, включая автотранспорт, является неотъемлемой частью экономики любой страны, и он является объективной необходимостью для обеспечения ее развития. Автотранспорт занимает важное место в единой транспортной системе любого государства. Он перевозит более 80% грузов и выполняет половину пассажирооборота. Это обусловлено его высокой маневренностью, высокой скоростью и своевременностью доставки грузов, высокой мобильностью, оперативностью управления перевозкой пассажиров и др. Поэтому рациональное использование топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и охрана окружающей среды (ООС) имеют важное значение при использовании автомобильного транспорта.

В настоящее время в мире около 500 млн. автомобилей из них 78...80%- легковые автомобили, 20...22% - грузовые автомобили и 0.5...1%- автобусы. В среднем на 1 кв. км территории приходится более пяти автомобилей, а в крупных городах развитых стран этот показатель в 280... 300 раз выше.

Среднестатистические данные по энергопотреблению и выбросам ВВ, для легковых автомобилей составляет: 1.16...1.69, CO₂-75.6...116.0, NO_x-0.6...0.9 МДж/пасс. км и СН-0.3...0.5, СО-2.1...3.2, SO₂-0.1 г/пасс. км.

На современном уровне развития науки и техники перспективными энергоносителями считают два источника - управляемый термоядерный синтез и солнечная энергия, однако, человечеством все больше и больше истощаются природные ресурсы. Из разведанных мировых запасов естественных энергоисточников примерно 80% еще не добыто. Их добыча требует значительных затрат, которые увеличивают их стоимость. Например, разведенные запасы нефти составляют около 90 млрд. т., а суммарные геологические запасы нефти и газа на земном шаре составляют около 44 миллиардов т, из которых предположительно может быть разработано около 570 млрд. т.

Автомобильный транспорт является преимущественно потребителем моторных топлив нефтяного происхождения, из-за более высокой их теплотворной способности, обеспечивающей меньшие удельные расходы топлива и достаточно большой радиус действия, пониженной зольности (0...0.05% вместо 0.1...0.2% характерных для соответственно мазутов и углей), возможности применения экономичных двигателей внутреннего сгорания и др. Кроме того за последние годы были приняты ряд государственных решений, направленных на повышение эффективности ТЭР (специальный подвижной состав, сокращение порожнего пробега, объездные автотрассы, применение прицепов и др.), которые значительно сократили расход топлива.

Опыт промышленно развитых стран- членов Международного энергетического агентства (МЭА) свидетельствует, что высшим приоритетом в структуре мероприятий, направленных на снижение отрицательного влияния процессов производства и использования энергии на ОС является энергосбережение. В странах МЭА больше обращают внимания на выбросы CO₂, снижение уровня которых можно достичь только уменьшением расхода энергоисточников. Уменьшение расхода энергоисточников позволяет решить несколько важнейших проблем.

Во первых, снижение энергоемкости производства способствует повышению уровня благосостояния общества и обеспеченности страны энергоисточниками, снижая при этом масштабы импорта энергоресурсов.

Во вторых, уменьшаются затраты на приобретение энергоисточников.

В третьих, достигается экономия на инвестиционных проектах, направляемых на расширение энерготранспортных коммуникаций.

В четвертых, снижение расхода ТЭР автоматически снижает отрицательную нагрузку на ОС.

Транспорт, в особенности автотранспорт, среди других источников загрязнения занимает ведущее место (см.табл.3, 4, 5). В странах МЭА на долю транспорта, функционирующий на 97% от нефти, приходится примерно 27%

Таблица 3

Источники загрязнения ОС

Источник загрязнения ОС	млн. т	%
Транспорт	88.3	55.4
в.т.ч. наземный	85.3	47.2
Стационарные энергетические установки	33.3	20.9
Промышленность	24.8	15.6
Сжигание отходов	3.3	2.04
Прочие	9.7	6.05
Всего:	159.4	100

Таблица 4

Валовые выбросы вредных веществ в атмосферу

Источник загрязнения	Всего %	в.т.ч. по ингредиентам			
		твердые вещества	CO	CH	NOX
Автотранспортный	51.3	2.7	80.7	54.0	38.9
Железнодорожный транспорт	6.8	7.3	7.4	0.5	13.8
Промышленность	41.5	90.0	11.9	45.5	47.3

Таблица 5

Распределение перевозок грузов и пассажиров по видам транспорта

Вид транспорта	Объем грузоперевозок %				Объем пассажироперевозок %			
	1970	1980	1990	2000	1970	1980	1990	2000
Железнодорожный	15.7	12	12.8	12.0	9.6	7.7	7.0	6.5
Морской	0.9	0.8	1.0	1.0	0.1	0.1	0.2	0.2
Трубопроводный	1.9	2.2	3.2	3.4	-	-	-	-
Автомобильный	79.9	82.4	83	83.6	90.0	91.7	92.5	92.9
Воздушный	-	-	-	-	0.1	0.2	0.3	0.4

суммарного объема CO_2 при 32% его удельного веса в балансе потребления использованной энергии, где приоритетными направлениями приняты:

- систематическое ужесточение нормативов топливной экономичности для автомобилей;
- реализация различных программ государственной инспекционной проверки экологичности транспортного парка;
- использование дифференциальных методов налогообложения в зависимости от уровня удельных вредных выбросов;
- повышение значимости общественного транспорта в структуре пассажирских перевозок;
- управление системой перевозок;
- разработка, государственная поддержка и реализация программ, направленных на расширения использования экологически чистых альтернативных моторных топлив;
- введение обязательных энерго - и экологоаудитов предприятий;
- организация и проведения систематических рекламно-информационных и образовательных программ;
- введение налогов на энергоресурсы и углерод;
- экономическое стимулирование инвестиций в энергосбережение.

Энергосбережение для всех стран является наиболее приемлемой с технологической и экономической позиций решением для весомого снижения отрицательного воздействия системы энергопотребления на ОС. Международный.

Союз автомобильного транспорта (МСАТ) осознавая значимость сокращения выбросов вредных веществ обеспечил реализацию принятых практических решений, введенных новых норм эмиссии Евро-0 (с 1990 года), Евро -1 (с 1993 года), Евро -2 (с 1996года), Евро -3 (с 2001 года), Евро-4 (с 2006года), и Евро -5 (с 2009 года). Согласно принятых мер по сравнению с 1990 годом выбросы CH сокращаются на 81 % NOX - на 86%, CO на 87% и твердых частиц на 97%. В этой связи разрабатываются и реализуются различные концепции, энергоэкологические и эколого-экономические аспекты производства эксплуатации, утилизации автомобильного транспорта. Примером может служить «Московская Программа экологизации транспорта», принятая правительством Москвы и Правлением РАО «Газпром». В этой программе основными направлениями деятельности являются:

- оснащение городского автотранспорта нейтрализаторами и фильтрами-нейтрализаторами;
- использование газа в качестве моторного топлива;

- внедрение электромобильной техники и электротранспорта для внутригородских перевозок;
- повышение качества моторного топлива;
- сбор и переработка промышленных отходов и вторичных ресурсов автотранспортного комплекса;
- развитие производственно-технической базы транспортных предприятий.

Из последних технических сообщений заслуживает внимание сообщение корпорации Daimler Chrysler о планах создания «водородно-электрического» автомобиля (проект стоимостью 1,7 млрд. \$ США), расходующего 1,015 л бензина на 100 км, в котором бензин используется для получения водорода, впрыскиваемого в рабочие камеры топливного процессора [1,2].

Следует обратить внимание также и на тепловое загрязнение, обусловленное увеличением средней температуры воздуха и земного шара, вызываемое работой различных энергетических установок. Вся энергия, вырабатываемая энергоустановкой любого типа, в конечном счете, рассеивается в ОС, а также все загрязнения, выбрасываемые ими влияют на баланс между излучательной и поглотительной способностью Земли. Все эти процессы в конечном итоге во многом связаны с выбросами карбонат ангидрида.

В настоящее время автотранспорт является одним из наиболее энергоемких отраслей народного хозяйства. В зависимости от уровня развития на его долю приходится 20...60% всего потребления жидких топлив нефтяного происхождения, а его удельный вес в загрязнении окружающей среды составляет до 60...80% [3]. Поршневые двигатели внутреннего сгорания, являясь основным энергоисточником современных автомобилей, одновременно способствуют загрязнению атмосферы. Они являются источником различных вредных веществ, пыли продуктов износа, шума, вибрации и излучений. Установлено, что один бензиновый легковой автомобиль ежегодно потребляет из атмосферы более 4 т кислорода, выбрасывая с отработавшими газами примерно 800 кг окиси углерода, 38... 40 кг окислов азота и почти 120...150 кг различных углеводородов. В среднем автомобили в масштабе земного шара ежегодно потребляют 2.1 млрд. т топлива, выбрасывая при этом около 700 млн.т вредных веществ (СО-420 млн.т, СН- 170млн.т, NOX-60 млн.т.,сажи -17млн.т., свинца-0.6 млн.т.) [4].

Загрязнение ОС автотранспортом является ингредиентным и параметрическим имеющим минеральную и органическую основу. Механизм воздействия автотранспорта на окружающую среду имеет ряд особен-

ностей, которые следует учесть при изучении данной проблемы. К ним относятся:

- динамический рост процесса автомобилизации;
- широкий диапазон отрицательных воздействий автотранспорта на окружающую среду;
- довольно низкие показатели экологической безопасности автотранспорта;
- ограниченность технических возможностей и сложность улучшения показателей экологической безопасности автотранспорта;
- отставание подготовленности общественного сознания в оценке экологической безопасности автотранспорта;
- отсутствие действенных механизмов (моделей) управления для улучшения экологической безопасности автотранспорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Палов Е.Н., Бурашев Ю.В. Экология транспорта. -М.:Транспорт, 1998. – 204 с.
2. Автомобильные дороги: безопасность, экологические проблемы, экономика. Российско Германский опыт. Под. ред. В.Н. Луканина и К.Х. Ленца.– М.: Лого. 2002. - 510 с.
3. Кузнецов Е.С. и др. Техническая эксплуатация автомобиля.-М.: Наука, 2004.-535с.
4. Справочник по безопасности дорожного движения. Под. ред. проф. Сильянов В.В.- М.: МАДИ (ТУ), 2001.–754 с.

УДК 539.3:534.1

ИССЛЕДОВАНИЕ НДС ОКРУЖАЮЩЕГО ДВУХСЛОЙНУЮ ОБОЛОЧКУ МАССИВА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ БЕГУЩЕЙ ПО ЕЁ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

В.Н. Украинец, С.Р. Гирнис

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

Серпінді кеңістікте екі қабатты қабыққа жүгірмелі кезеңдік жүктеменің әрекеті туралы есепті шығару негізінде жүктеме қозғалысы жылдамның қабықты қоршаған массив реакциясына ықпалы зерттеледі.

On base of task solution on effect of streaming load is researched influence of speed movement on reaction of surrounding shell of body on two-layer shell in elastic space.

Задачи о действии подвижной осесимметричной нормальной нагрузки на тонкостенную и толстостенную круговую цилиндрическую оболочку в упругой среде рассматривались соответственно в статьях [1,2]. В настоящей работе решена задача о действии бегущей периодической нагрузки на двухслойную оболочку в упругом пространстве и на основе этого решения исследуется напряженно-деформированное состояние (НДС) окружающего ее массива при различных дозвуковых скоростях движения нагрузки. Данная задача является модельной, например, при исследовании динамики тоннелей глубокого заложения, подкрепленных двухслойной цилиндрической оболочкой (обделкой) [3].

1. Рассмотрим цилиндрическую полость радиусом R_1 в бесконечной, линейно-упругой, однородной и изотропной среде. Полость подкреплена двухслойной оболочкой, внутренним слоем которой является тонкостенная оболочка толщиной h_0 и радиусом срединной поверхности R_2 , а внешним – толстостенная оболочка. В силу малости толщины внутреннего слоя можно принять, что он контактирует с внешним слоем вдоль своей срединной поверхности. Контакт между слоями оболочки и окружающей её упругой средой

(массивом) будем полагать жестким. По внутренней поверхности оболочки в направлении ее оси z с постоянной скоростью c (меньшей, чем скорости распространения волн сдвига во внешнем слое оболочки и окружающей ее среде) движется нагрузка интенсивностью P .

Так как рассматривается установившийся процесс, то картина деформаций стационарна по отношению к движущейся нагрузке. Поэтому удобно перейти к подвижной цилиндрической системе координат $r, \theta, \eta = z - tc$. Тогда, в случае синусоидальной с произвольной зависимостью от угловой координаты нагрузки, имеем

$$\begin{aligned} P(\theta, \eta) &= p(\theta) e^{i\xi\eta}, & p(\theta) &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_n e^{in\theta}, \\ P_j(\theta, \eta) &= p_j(\theta) e^{i\xi\eta}, & p_j(\theta) &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_{nj} e^{in\theta}, \quad j = r, \theta, \eta, \end{aligned} \quad (1)$$

где константа ξ определяет период $T = 2\pi/\xi$ действующей нагрузки, $P_j(\theta, \eta)$ – составляющие интенсивности нагрузки $P(\theta, \eta)$.

Для описания движения внутреннего слоя оболочки воспользуемся классическими уравнениями теории тонких оболочек

$$\begin{aligned} \left[1 - \frac{(1-\nu_0)\rho_0 c^2}{2\mu_0} \right] \frac{\partial^2 u_{0\eta}}{\partial \eta^2} + \frac{1-\nu_0}{2R_2^2} \frac{\partial^2 u_{0\eta}}{\partial \theta^2} + \frac{1+\nu_0}{2R_2} \frac{\partial^2 u_{0\theta}}{\partial \eta \partial \theta} + \frac{\nu_0}{R_2} \frac{\partial u_{0r}}{\partial \eta} &= \frac{1-\nu_0}{2\mu_0 h_0} (P_\eta - q_\eta), \\ \frac{1+\nu_0}{2R_2} \frac{\partial^2 u_{0\eta}}{\partial \eta \partial \theta} + \frac{(1-\nu_0)}{2} \left(1 - \frac{\rho_0 c^2}{\mu_0} \right) \frac{\partial^2 u_{0\theta}}{\partial \eta^2} + \frac{1}{R_2^2} \frac{\partial^2 u_{0\theta}}{\partial \theta^2} + \frac{1}{R_2^2} \frac{\partial u_{0r}}{\partial \theta} &= \frac{1-\nu_0}{2\mu_0 h_0} (P_\theta - q_\theta), \quad (2) \\ \frac{\nu_0}{R_2} \frac{\partial u_{0\eta}}{\partial \eta} + \frac{1}{R_2^2} \frac{\partial u_{0\theta}}{\partial \theta} + \frac{h_0^2}{12} \nabla^2 \nabla^2 u_{0r} + \frac{(1-\nu_0)\rho_0 c^2}{2\mu_0} \frac{\partial^2 u_{0r}}{\partial \eta^2} + \frac{u_{0r}}{R_2^2} &= -\frac{1-\nu_0}{2\mu_0 h_0} (P_r - q_r) \end{aligned}$$

где $u_{0\eta}$, $u_{0\theta}$, u_{0r} – перемещения точек срединной поверхности внутреннего слоя в направлении осей цилиндрической системы координат η, θ, r ; P_η, P_θ, P_r – составляющие интенсивности подвижной нагрузки P ; $q_\eta = \sigma_{r\eta 2}|_{r=R_2}$, $q_\theta = \sigma_{r\theta 2}|_{r=R_2}$, $q_r = \sigma_{r 2}|_{r=R_2}$ – составляющие реакции внешнего слоя; $\sigma_{j 2}$ – компоненты тензора напряжений во внешнем слое (q_j); ν_0, μ_0, ρ_0 – соответственно коэффициент Пуассона, модуль сдвига и плотность материала внутреннего слоя; ∇^2 – оператор Лапласа.

В установившемся состоянии зависимость всех величин от η имеет вид (1), поэтому

$$u_{0j}(\theta, \eta) = U_{0j}(\theta) e^{i\xi\eta}, \quad U_{0j}(\theta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} u_{0nj} e^{in\theta}, \quad j = r, \theta, \eta \quad (3)$$

Подставляя (1) и (3) в (2), для n -го члена разложения получим

$$\begin{aligned} \varepsilon_1^2 u_{0n\eta} + v_a n \xi_0 u_{0n\theta} - 2iv_0 \xi_0 u_{0n} &= G_0 (P_{n\eta} - q_{n\eta}) \\ v_a n \xi_0 u_{0n\eta} + \varepsilon_2^2 u_{0n\theta} - 2inu_{0n} &= G_0 (P_{n\theta} - q_{n\theta}), \\ 2iv_0 \xi_0 u_{0n\eta} + 2inu_{0n\theta} + \varepsilon_3^2 u_{0n} &= G_0 (P_n - q_n), \end{aligned} \quad (4)$$

где $\varepsilon_1^2 = \alpha_0^2 - \varepsilon_0^2$, $\varepsilon_2^2 = \beta_0^2 - \varepsilon_0^2$, $\varepsilon_3^2 = \gamma_0^2 - \varepsilon_0^2$, $\xi_0 = \xi R_2$,

$$\alpha_0^2 = 2\xi_0^2 + v_{01}n^2, \quad \beta_0^2 = v_{01}\xi_0^2 + 2n^2, \quad \gamma_0^2 = \chi^2(\xi_0^2 + n^2) + 2, \quad \varepsilon_0^2 = v_{01}\xi_0^2 M_{s0}^2,$$

$$v_{01} = 1 - v_0, \quad v_{02} = 1 + v_0, \quad M_{s0} = c/c_{s0}, \quad c_{s0} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\rho_0}}, \quad \chi^2 = \frac{h_0^2}{6R_2^2}, \quad G_0 = -\frac{v_{01}R_2^2}{\mu_0 h_0}$$

$q_{nj} = (\sigma_{rj2})_n$, $j = \eta, \theta, r$ при $r = R_2$.

Разрешая (4) относительно $u_{0n\eta}$, $u_{0n\theta}$, u_{0n} , находим

$$\begin{aligned} u_{0n\eta} &= \frac{G_0}{\delta_n} \sum_{j=1}^3 \delta_{\eta j} (P_{nj} - q_{nj}) \\ u_{0n\theta} &= \frac{G_0}{\delta_n} \sum_{j=1}^3 \delta_{\theta j} (P_{j\theta} - q_{j\theta}) \end{aligned} \quad (5)$$

$$u_{0nr} = \frac{G_0}{\delta_n} \sum_{j=1}^3 \delta_j (P_j - q_j).$$

Здесь $\delta_n = \delta_{|n|} = (\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3)^2 - (\varepsilon_1 \xi_1)^2 - (\varepsilon_2 \xi_2)^2 - (\varepsilon_3 \xi_3)^2 + 2\xi_1 \xi_2 \xi_3$,

$$\delta_{\eta 1} = (\varepsilon_2 \varepsilon_3)^2 - \xi_1^2, \quad \delta_{\eta 2} = \xi_1 \xi_2 - \xi_3 \varepsilon_3^2, \quad \delta_{\eta 3} = i(\varepsilon_2^2 \xi_2 - \xi_1 \xi_3)$$

$$\delta_{\theta 1} = \delta_{\eta 2}, \quad \delta_{\theta 2} = (\varepsilon_1 \varepsilon_3)^2 - \xi_2^2, \quad \delta_{\theta 3} = i(\varepsilon_1^2 \xi_1 - \xi_2 \xi_3)$$

$$\delta_{r1} = -\delta_{\eta 3}, \quad \delta_{r2} = -\delta_{\theta 3}, \quad \delta_{r3} = (\varepsilon_1 \varepsilon_2)^2 - \xi_3^2,$$

$$\xi_1 = 2n, \quad \xi_2 = 2v_0 \xi_0, \quad \xi_3 = v_a \xi_0 n,$$

для P_{nj} и q_{nj} индекс $j=1$ соответствует индексу η , $j=2-\theta$, $j=3-r$.

Для описания движения внешнего слоя оболочки и окружающей среды используем динамические уравнения теории упругости

$$\left(\frac{1}{M_{pk}^2} - \frac{1}{M_{sk}^2} \right) \text{grad div } \mathbf{u}_k + \frac{1}{M_{sk}^2} \nabla^2 \mathbf{u}_k = \frac{\partial^2 \mathbf{u}_k}{\partial \eta^2}, \quad k = 1, 2. \quad (6)$$

Здесь и в дальнейшем индекс $k=1$ относится к среде, а $k=2$ – к внешнему слою оболочки; $M_{pk} = c/c_{pk}$, $M_{sk} = c/c_{sk}$ – числа Маха; $c_{pk} = \sqrt{(\lambda_k + 2\mu_k)/\rho_k}$, $c_{sk} = \sqrt{\mu_k/\rho_k}$ – скорости распространения волн расширения – сжатия и сдвига в среде и внешнем слое оболочки; $\lambda_k = 2\mu_k \nu_k (1 - 2\nu_k)$, μ_k – модули сдвига, ν_k – коэффициенты Пуассона, ρ_k – плотности, \mathbf{u}_k – векторы смещений точек пространства и внешнего слоя.

Выражая векторы смещений через потенциалы Ламе

$$\mathbf{u}_k = \text{grad}\varphi_{1k} + \text{rot}(\varphi_{2k}\mathbf{e}_\eta) + \text{rot rot}(\varphi_{3k}\mathbf{e}_\eta) \quad k=1, 2, \quad (7)$$

преобразуем уравнения (6) к виду

$$\nabla^2\varphi_{jk} = M_{jk}^2 \frac{\partial^2\varphi_{jk}}{\partial\eta^2}, \quad j=1, 2, 3, \quad k=1, 2, \quad (8)$$

где $M_{1k} = M_{jk}$, $M_{2k} = M_{3k} = M_k$.

Выразим компоненты напряжённо-деформированного состояния оболочки и массива через потенциалы φ_{jk} .

Компоненты вектора \mathbf{u}_k (7):

$$\begin{aligned} u_{rk} &= \frac{\partial\varphi_{1k}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial\varphi_{2k}}{\partial\theta} + \frac{\partial^2\varphi_{3k}}{\partial\eta\partial r}, \\ u_{\theta k} &= \frac{1}{r} \frac{\partial\varphi_{1k}}{\partial\theta} - \frac{\partial\varphi_{2k}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial^2\varphi_{3k}}{\partial\eta\partial\theta}, \\ u_{\eta k} &= \frac{\partial\varphi_{1k}}{\partial\eta} + m_{sk}^2 \frac{\partial^2\varphi_{3k}}{\partial\eta^2}, \end{aligned} \quad (9)$$

где $m_{sk}^2 = 1 - M_{sk}^2$.

Используя закон Гука и соотношения (9), получаем выражения для компонент тензора напряжений

$$\begin{aligned} \sigma_{\eta\eta k} &= (2\mu_k + \lambda_k M_{pk}^2) \frac{\partial^2\varphi_{1k}}{\partial\eta^2} + 2\mu_k m_{sk}^2 \frac{\partial^3\varphi_{3k}}{\partial\eta^3}, \\ \sigma_{\theta\theta k} &= \lambda_k M_{pk}^2 \frac{\partial^2\varphi_{1k}}{\partial\eta^2} + \frac{2\mu_k}{r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial^2\varphi_{1k}}{\partial\theta^2} + \frac{\partial\varphi_{1k}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial\varphi_{2k}}{\partial\theta} - \frac{\partial^2\varphi_{2k}}{\partial r\partial\theta} + \frac{1}{r} \frac{\partial^3\varphi_{3k}}{\partial\theta^2\partial\eta} + \frac{\partial^2\varphi_{3k}}{\partial r\partial\eta} \right), \\ \sigma_{rr k} &= \lambda_k M_{pk}^2 \frac{\partial^2\varphi_{1k}}{\partial\eta^2} + 2\mu_k \left(\frac{\partial^2\varphi_{1k}}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial^2\varphi_{2k}}{\partial\theta\partial r} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial\varphi_{2k}}{\partial\theta} + \frac{\partial^3\varphi_{3k}}{\partial r^2\partial\eta} \right) \\ \sigma_{r\eta k} &= \mu_k \left(2 \frac{\partial^2\varphi_{1k}}{\partial\eta\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial^2\varphi_{2k}}{\partial\theta\partial\eta} + (1 + m_{sk}^2) \frac{\partial^3\varphi_{3k}}{\partial\eta^2\partial r} \right) \end{aligned} \quad (10)$$

Потенциалы φ_{jk} также будем искать в виде периодических функций по η

$$\varphi_{jk}(r, \theta, \eta) = \Phi_{jk}(r, \theta) e^{i\xi\eta}. \quad (11)$$

Подставляя (11) в (8), получим

$$\nabla_2^2 \Phi_{jk} - m_{jk}^2 \xi^2 \Phi_{jk} = 0, \quad j = 1, 2, 3, \quad k = 1, 2, \quad (12)$$

где ∇_2^2 – двумерный оператор Лапласа, $m_{jk}^2 = 1 - M_{jk}^2$, $m_{1k} \equiv m_{pk}$, $m_{2k} = m_{3k} \equiv m_{sk}$.
 В дозвуковом случае $Msk < 1$ ($m_{2k} = m_{3k} = msk > 0$, $k = 1, 2$), и мы приходим к известным решениям уравнений (12):

- для массива

$$\Phi_{j1} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj} K_n(k_{j1}r) e^{in\theta}, \quad (1.13, a)$$

- для оболочки

$$\Phi_{j2} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} (a_{nj+3} K_n(k_{j2}r) + a_{nj+6} I_n(k_{j2}r)) e^{in\theta}, \quad (1.13, б)$$

Здесь $I_n(kr)$, $K_n(kr)$ – функции Бесселя первого и второго рода от мнимого аргумента, $k_{j1} = |m_{j1}\xi|$, $k_{j2} = |m_{j2}\xi|$, $j = 1, 2, 3$; a_{n1}, \dots, a_{n9} – неизвестные коэффициенты, подлежащие определению.

Подставляя (1.13, а) с учётом (11) в (9), (10), получаем формулы для вычислений компонент напряженно-деформированного состояния массива

$$u_{l1} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^3 T_{lj1} (K_n(k_{j1}r)) e^{i(\xi\eta+n\theta)} a_{nj}, \quad (14)$$

$$\frac{\sigma_{lm1}}{\mu_1} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^3 S_{lmj1} (K_n(k_{j1}r)) e^{i(\xi\eta+n\theta)} a_{nj},$$

где $l = r, \theta, \eta$, $m = r, \theta, \eta$;

$$T_{r11} = k_{11} K_n'(k_{11}r), \quad T_{r21} = -\frac{n}{r} K_n(k_{21}r), \quad T_{r31} = -\xi k_{31} K_n'(k_{31}r),$$

$$T_{\theta 11} = \frac{n}{r} K_n(k_{11}r), \quad T_{\theta 21} = -k_{21} K_n'(k_{21}r), \quad T_{\theta 31} = -\frac{n}{r} \xi K_n(k_{31}r),$$

$$T_{\eta 11} = \xi K_n(k_{11}r), \quad T_{\eta 21} = 0, \quad T_{\eta 31} = -k_{31}^2 K_n(k_{31}r)$$

$$S_{rr11} = 2 \left(k_{11}^2 + \frac{n^2}{r^2} - \frac{\lambda_1 M_{p1}^2 \xi^2}{2\mu_1} \right) K_n(k_{11}r) - \frac{2k_{11} K_n'(k_{11}r)}{r}, \quad S_{rr21} = \frac{2n}{r^2} K_n(k_{21}r) - \frac{2k_{21} K_n'(k_{21}r)}{r},$$

$$\begin{aligned}
 S_{r31} &= -2\xi \left(k_{31}^2 + \frac{n^2}{r^2} \right) K_n(k_{31}r) + \frac{2\xi k_{31} K'_n(k_{31}r)}{r}, \\
 S_{\theta 11} &= -2 \left(\frac{n^2}{r^2} + \frac{\lambda_1 M_{\rho 1}^2 \xi^2}{2\mu_1} \right) K_n(k_{11}r) + \frac{2k_{11} K'_n(k_{11}r)}{r}, \quad S_{\theta 21} = -\frac{2nK_n(k_{21}r)}{r^2} + \frac{2nk_{21} K'_n(k_{21}r)}{r}, \\
 S_{\theta 31} &= \frac{2\xi n^2 K_n(k_{31}r)}{r^2} - \frac{2\xi k_{31} K'_n(k_{31}r)}{r}, \quad S_{\eta 11} = -2\xi^2 \left(\frac{1 + \lambda_1 M_{\rho 1}^2}{2\mu_1} \right) K_n(k_{11}r), \\
 S_{\eta 21}^{(0)} &= 0, \quad S_{\eta 31}^{(0)} = 2m^2 \xi^3 K_n(k_{31}r), \quad S_{r\theta 11} = \left(-\frac{2nK_n(k_{11}r)}{r^2} + \frac{2nk_{11} K'_n(k_{11}r)}{r} \right) i, \\
 S_{r\theta 21} &= \left(-\left(k_{21}^2 + \frac{2n^2}{r^2} \right) K_n(k_{21}r) + \frac{2k_{21} K'_n(k_{21}r)}{r} \right) i, \\
 S_{r\theta 31} &= \left(\frac{2n\xi K_n(k_{31}r)}{r^2} - \frac{2n\xi k_{31} K'_n(k_{31}r)}{r} \right) i, \\
 S_{\theta \eta 11} &= -\frac{2n\xi K_n(k_{11}r)}{r}, \quad S_{\theta \eta 21} = \xi k_{21} K'_n(k_{21}r), \quad S_{\theta \eta 31} = \frac{n\xi^2 (1 + m_{31}^2) K_n(k_{31}r)}{r}, \\
 S_{r\eta 11} &= 2\xi k_{11} K'_n(k_{11}r) i, \quad S_{r\eta 21} = -\frac{\xi n K_n(k_{21}r)}{r}, \quad S_{r\eta 31} = -\xi^2 k_{31} (1 + m_{31}^2) K'_n(k_{31}r) i; \\
 K'_n(k_{j1}r) &= \frac{dK_n(k_{j1}r)}{d(k_{j1}r)}.
 \end{aligned}$$

Аналогично подставляя (1.13,б) в (9), (10), получаем формулы для вычислений компонент напряженно-деформированного состояния толстого слоя оболочки

$$u_{l2} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \left[T_{lj2}^{(1)}(K_n(k_{j2}r)) a_{nj+3} + T_{lj2}^{(2)}(I_n(k_{j2}r)) a_{nj+6} \right] e^{i(\xi\eta + n\theta)}, \quad (15)$$

$$\frac{\sigma_{lm2}}{\mu_2} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \left[S_{lmj2}^{(1)}(K_n(k_{j2}r)) a_{nj+3} + S_{lmj2}^{(2)}(I_n(k_{j2}r)) a_{nj+6} \right] e^{i(\xi\eta + n\theta)}.$$

Здесь $l = r, \theta, \eta$, $m = r, \theta, \eta$;

$$T_{r12}^{(1)} = k_{12} K'_n(k_{12}r), \quad T_{r22}^{(1)} = -\frac{n}{r} K_n(k_{22}r), \quad T_{r32}^{(1)} = -\xi k_{32} K'_n(k_{32}r),$$

$$T_{\theta 12}^{(1)} = \frac{n}{r} K_n(k_{12}r), \quad T_{\theta 22}^{(1)} = -k_{22} K'_n(k_{22}r) i, \quad T_{\theta 32}^{(1)} = -\frac{n}{r} \xi K_n(k_{32}r) i,$$

$$T_{\eta 12}^{(1)} = \xi K_n(k_{12}r) i, \quad T_{\eta 22}^{(1)} = 0, \quad T_{\eta 32}^{(1)} = -k_{32}^2 K_n(k_{32}r) i,$$

$$S_{rr12}^{(1)} = 2 \left(k_{12}^2 + \frac{n^2}{r^2} - \frac{\lambda_2 M_{\rho 2}^2 \xi^2}{2\mu_2} \right) K_n(k_{12}r) - \frac{2k_{12} K'_n(k_{12}r)}{r},$$

$$S_{r22}^{(1)} = \frac{2n}{r^2} K_n(k_{22}r) - \frac{2k_{22}K'_n(k_{22}r)}{r}, \quad S_{r32}^{(1)} = -2\xi \left(k_{32}^2 + \frac{n^2}{r^2} \right) K_n(k_{32}r) + \frac{2\xi k_{32}K'_n(k_{32}r)}{r},$$

$$S_{\theta 012}^{(1)} = -2 \left(\frac{n^2}{r^2} + \frac{\lambda_2 M_{p2}^2 \xi^2}{2\mu_2} \right) K_n(k_{12}r) + \frac{2k_{12}K'_n(k_{12}r)}{r},$$

$$S_{\theta 022}^{(1)} = -\frac{2nK_n(k_{22}r)}{r^2} + \frac{2nk_{22}K'_n(k_{22}r)}{r}, \quad S_{\theta 032}^{(1)} = \frac{2\xi n^2 K_n(k_{32}r)}{r^2} - \frac{2\xi k_{32}K'_n(k_{32}r)}{r},$$

$$S_{\eta 012}^{(1)} = -2\xi^2 \left(\frac{1 + \lambda_2 M_{p2}^2}{2\mu_2} \right) K_n(k_{12}r)$$

$$S_{\eta 022}^{(1)} = 0, \quad S_{\eta 032}^{(1)} = 2m_{32}^2 \xi^3 K_n(k_{32}r), \quad S_{\theta 12}^{(1)} = \left(-\frac{2nK_n(k_{12}r)}{r^2} + \frac{2nk_{12}K'_n(k_{12}r)}{r} \right) i,$$

$$S_{\theta 22}^{(1)} = \left(-\left(k_{22}^2 + \frac{2n^2}{r^2} \right) K_n(k_{22}r) + \frac{2k_{22}K'_n(k_{22}r)}{r} \right) j,$$

$$S_{\theta 32}^{(1)} = \left(\frac{2n\xi K_n(k_{32}r)}{r^2} - \frac{2n\xi k_{32}K'_n(k_{32}r)}{r} \right) j,$$

$$S_{\theta 12}^{(1)} = -\frac{2n\xi K_n(k_{12}r)}{r}, \quad S_{\theta 22}^{(1)} = \xi k_{22}K'_n(k_{22}r), \quad S_{\theta 32}^{(1)} = \frac{n\xi^2 (1 + m_{32}^2) K_n(k_{32}r)}{r},$$

$$S_{\eta 12}^{(1)} = 2\xi k_{12}K'_n(k_{12}r) i, \quad S_{\eta 22}^{(1)} = -\frac{\xi n K_n(k_{22}r)}{r} j, \quad S_{\eta 32}^{(1)} = -\xi^2 k_{32} (1 + m_{32}^2) K'_n(k_{32}r) j;$$

$$K'_n(k_{j2}r) = \frac{dK_n(k_{j2}r)}{d(k_{j2}r)}; \quad T_{ij2}^{(2)}, \quad S_{mj2}^{(2)} \text{ получаются из } T_{ij2}^{(1)}, \quad S_{mj2}^{(1)} \text{ заменой } K_n \text{ на } I_n.$$

Для определения при фиксированном n девяти неизвестных коэффициентов a_{n1}, \dots, a_{n9} , воспользуемся следующими граничными условиями:

$$\begin{aligned} \text{при } r = R_1 \quad & u_{j1} = u_{j2}, \quad \sigma_{j1} = \sigma_{j2}, \\ \text{при } r = R_2 \quad & u_{j2} = u_{0j}, \quad j = r, \theta, \eta. \end{aligned}$$

Приравнявая коэффициенты рядов при $e^{n\theta}$, получим бесконечную систему ($n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) линейных алгебраических уравнений блочно-диагонального вида, которая имеет единственное решение, если ее определитель не равен нулю.

2. Исследуем влияние скорости движения нагрузки на напряженно-деформированное состояние массива. В качестве примера рассмотрим бетонную ($\nu_0 = 0,2$, $\mu_0 = 1,21 \cdot 10^{10}$ Па, $\rho_0 = 2,5 \cdot 10^3$ кг/м³) цилиндрическую оболочку толщиной $h_0 = 0,002$ и радиусом срединной поверхности $R_2 = 1$ м, огражденную от породного массива с характеристиками $\nu_1 = 0,25$, $\mu_1 = 4,0 \cdot 10^9$ Па, $\rho_1 = 2,6 \cdot 10^3$ кг/м³, $c_{s1} = 1240,35$ м/с [3] слоем известняков ($\nu_2 = 0,25$, $\mu_2 = 2,8 \cdot 10^9$ Па, $\rho_2 = 2,65 \cdot 10^3$ кг/м³; $c_{s2} = 1027,9$ м/с) толщиной $0,1$ м ($R_1 = 1,1$ м). По внутренней поверхности оболочки с постоянной скоростью c движется осесимметричная нормальная периодическая ($T = 2\pi$) нагрузка с амплитудой P_A , оказывающая давление на поверхность обо-

лочки в области начала подвижной системы координат. Контакт между слоями оболочки и массивом полагаем жестким.

В табл. 1 приведены числовые значения компонент напряженно-деформированного состояния массива в плоскости $\eta = 0$ при разных скоростях движения нагрузки. В таблице приняты следующие обозначения: $u_{r1}^* = u_{r1}\mu_1 / P_A$ (м), $\sigma_{\theta\theta 1}^* = \sigma_{\theta\theta 1} / P_A$, $\sigma_{\eta\eta 1}^* = \sigma_{\eta\eta 1} / P_A$.

Из таблицы следует, что с увеличением скорости движения нагрузки значения компонент НДС массива в окрестности подкрепленной двухслойной оболочкой полости возрастают.

С удалением от границы полости эффект динамического воздействия бегущей нагрузки на массив снижается, и при $r / R_1 = 4,0$ становится практически мало существенным при любой из рассмотренных здесь скоростей нагрузки.

Таблица 1
Компоненты НДС массива в плоскости $\eta = 0$

с, м/с	u_{r1}^*		$\sigma_{\theta\theta 1}^*$		$\sigma_{\eta\eta 1}^*$	
	r / R_1		r / R_1		r / R_1	
	1,0	4,0	1,0	4,0	1,0	4,0
200	0,33	0,01	0,45	0,0	-0,34	0,01
800	0,38	0,03	0,55	0,01	-0,43	0,02

ЛИТЕРАТУРА

1. Пожуев В.И. Действие подвижной нагрузки на цилиндрическую оболочку в упругой среде // Строительная механика и расчет сооружений. – 1978. – № 1. – С. 44-48.
2. Львовский В.М., Онищенко В.И., Пожуев В.И. Установившиеся колебания цилиндрической оболочки в упругой среде под действием подвижной нагрузки // Сб.: Вопросы прочности пластичности. – Днепропетровск, 1974. – С. 98-110.
3. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений в примерах и задачах. – М.: Недра, 1989. – 270 с.

УДК 539.3:534.1

ЗАДАЧА О ДЕЙСТВИИ ПОДВИЖНОЙ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА МНОГОСЛОЙНУЮ ТОНКОСТЕННУЮ ОБОЛОЧКУ В УПРУГОМ ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ

В.Н. Украинец, М.К. Бейсембаев, С.Р. Гурнис, А.К. Тлеулесов

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

Бұл жұмыста серпінді жарты кеңістікте орналасқан жіңішке көпқабатты айнымалы цилиндрлық қабықшалы қуысына бекітілген осесимметриялық емес қозғалмалы периодты жүктемесінің әсері туралы есебі шешілген.

Қабықша қабатының қозғалысы жіңішке қабықша теориясының классикалық теңдеулермен, ал жарты кеңістік қозғалысы — координаттардың қозғалмалы жүйесіндегі серпінді теориясының динамикалық теңдеулермен сипатталады. Периодты жүктеме қуысының осі бойынша дыбыстық жылдамдығынан кем массивтің кезінде кернеу-деформациялық күйінің компоненттерін анықтауға арналған есептердің аналитикалық шешімі берілген.

In persisting work is solved problem about action on supported by fine multi-layer circular cylindrical shell cavity, located in elastic half-space, asymmetrical rolling periodic load.

Moving the layers of the shell is described by classical equations to theories fine shell, but half-space – a dynamic equations to theories to bounce in rolling coordinate system. Analytical decision of the problem of the determination component tense-deformed conditions of the array is received under subsonic velocity periodic on axis of the cavities of the load.

В статье [1] решена задача о нагрузке, равномерно движущейся вдоль тонкой круговой цилиндрической оболочки в упругом полупространстве, свободная поверхность которого параллельна оси оболочки. Используя данное решение, в настоящей работе рассматривается подобная задача в случае неоднородности (многослойности) оболочки.

Рассмотрим бесконечно длинную круговую цилиндрическую многослойную тонкостенную оболочку, состоящую из N концентрических слоёв с разными физико-механическими и геометрическими характери-

стиками, расположенную в линейно-упругом, однородном и изотропном полупространстве, отнесённом к подвижной декартовой $x, y, \eta = z - ct$ или цилиндрической системе координат $r, \theta, \eta = z - ct$ (рисунок 1). В силу малости толщины слоёв оболочки полагаем, что они контактируют вдоль срединных поверхностей. Контакт между слоями оболочки и оболочки с окружающей её упругой средой (массивом) полагаем жёстким.

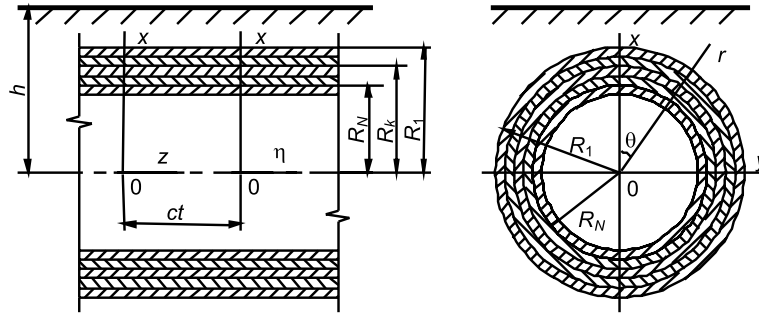


Рисунок 1 – Многослойная оболочка в упругом полупространстве

Пусть на внутреннюю поверхность оболочки действует движущаяся с постоянной скоростью c в направлении оси z нагрузка интенсивностью $P(\theta, \eta)$, периодичная по η и представима в виде синусоидальной нагрузки с произвольной зависимостью от угловой координаты

$$P(\theta, \eta) = p(\theta) e^{i\zeta \eta}, \quad p(\theta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_n e^{in\theta}, \quad (1)$$

$$P_j(\theta, \eta) = p_j(\theta) e^{i\zeta \eta}, \quad p_j(\theta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_{nj} e^{in\theta}, \quad j = r, \theta, \eta$$

где $P_j(\theta, \eta)$ – составляющие интенсивности подвижной нагрузки $P(\theta, \eta)$.

При этом будем считать, что скорость движения нагрузки меньше скорости распространения волн сдвига в окружающей оболочку среде (дозвуковой случай), а граница полупространства свободна от нагрузок, то есть

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_{x\eta} = 0, \quad (2)$$

где σ_j – компоненты тензора напряжений в среде, $j = x, y, \eta$.

Последовательно пронумеруем слои оболочки, присвоив контактирующему с массивом слою порядковый номер 1. Для описания движения k -го слоя воспользуемся классическими уравнениями теории тонких оболочек в подвижной системе координат [1], переписанными в виде

$$\left[1 - \frac{(1 - \nu_{0k}) \rho_{0k} c^2}{2\mu_{0k}} \right] \frac{\partial^2 u_{0\eta k}}{\partial \eta^2} + \frac{1 - \nu_{0k}}{2R_k^2} \frac{\partial^2 u_{0\eta k}}{\partial \theta^2} + \frac{1 + \nu_{0k}}{2R_k} \frac{\partial^2 u_{0\theta k}}{\partial \eta \partial \theta} + \frac{\nu_{0k}}{R_k} \frac{\partial u_{0k}}{\partial \eta} =$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1-\nu_{0k}}{2\mu_{0k}h_{0k}}(q_{\eta k} - q_{\eta k-1}) \\
 &\frac{1+\nu_{0k}}{2R_k} \frac{\partial^2 u_{0\eta k}}{\partial \eta \partial \theta} + \frac{(1-\nu_{0k})}{2} \left(1 - \frac{\rho_{0k}c^2}{\mu_{0k}}\right) \frac{\partial^2 u_{0\theta k}}{\partial \eta^2} + \frac{1}{R_k^2} \frac{\partial^2 u_{0\theta k}}{\partial \theta^2} + \frac{1}{R_k^2} \frac{\partial u_{0k}}{\partial \theta} = \\
 &= \frac{1-\nu_{0k}}{2\mu_{0k}h_{0k}}(q_{\theta k} - q_{\theta k-1}), \tag{3}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\frac{\nu_{0k}}{R_k} \frac{\partial u_{0\eta k}}{\partial \eta} + \frac{1}{R_k^2} \frac{\partial u_{0\theta k}}{\partial \theta} + \frac{h_{0k}^2}{12} \nabla^2 \nabla^2 u_{0rk} + \frac{(1-\nu_{0k})\rho_{0k}c^2}{2\mu_{0k}} \frac{\partial^2 u_{0rk}}{\partial \eta^2} + \frac{u_{0rk}}{R_k^2} = \\
 &= -\frac{1-\nu_{0k}}{2\mu_{0k}h_{0k}}(q_k - q_{k-1}),
 \end{aligned}$$

где $k = 1, 2, \dots, N$; ν_{0k} , μ_{0k} , ρ_{0k} и h_{0k} – коэффициент Пуассона, модуль сдвига, плотность и толщина k -го слоя; u_{0jk} и q_{jk} , q_{jk-1} – соответственно перемещения точек срединной поверхности k -го слоя и составляющие реакции смежных слоёв ($j = \eta, \theta, r$), при $k = 1$ $q_{j0} = \sigma_j \Big|_{r=R_1}$ – составляющие реакции окружающей оболочку среды, при $k = N$ $q_{jN} = P_j(\theta, \eta)$; ∇^2 – оператор Лапласа.

Для описания движения массива используем динамические уравнения теории упругости

$$(M_p^{-2} - M_s^{-2}) \text{grad div } \mathbf{u} + M_s^{-2} \nabla^2 \mathbf{u} = \partial^2 \mathbf{u} / \partial \eta^2. \tag{4}$$

Здесь $M_p = c/c_p$, $M_s = c/c_s$ – числа Маха, $c_p = [(\lambda + 2\mu)/\rho]^{1/2}$, $c_s = (\mu/\rho)^{1/2}$ – скорости распространения волн расширения – сжатия и сдвига в массиве, $\lambda = 2\mu\nu/(1-2\nu)$; ν , μ , ρ – коэффициент Пуассона, модуль сдвига, плотность среды; \mathbf{u} – вектор смещения среды.

Вектор \mathbf{u} можно выразить через потенциалы Ламе [2]

$$\mathbf{u} = \text{grad } \varphi_1 + \text{rot}(\varphi_2 \mathbf{e}_\eta) + \text{rot rot}(\varphi_3 \mathbf{e}_\eta), \tag{5}$$

которые, как следует из (4) и (5), удовлетворяют уравнениям

$$\nabla^2 \varphi_j = M_j^2 \partial^2 \varphi_j / \partial \eta^2, \quad j = 1, 2, 3, \tag{6}$$

где $M_1 = M_p$, $M_2 = M_3 = M_s$.

В установившемся состоянии зависимость всех величин от η имеет вид (1), поэтому $\Phi_j(r, \theta, \eta) = \Phi_j(r, \theta)e^{i\xi\eta}$,

$$\nabla_2^2 \Phi_j - m_j^2 \xi^2 \Phi_j = 0, \quad j=1,2,3, \quad (7)$$

где ∇_2^2 – двумерный оператор Лапласа, $m_j = (1 - M_j^2)^{1/2}$,

$$u_{0,j}(\theta, \eta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} u_{0,njk} e^{in\theta} e^{i\xi\eta}, \quad (8)$$

$$q_{jk}(\theta, \eta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} q_{nj} e^{in\theta} e^{i\xi\eta}, \quad j=r, \theta, \eta$$

Выразив компоненты напряжённо-деформированного состояния (НДС) среды через потенциалы Ламе можно получить выражения для перемещений u_l и напряжений σ_m от синусоидальной нагрузки в декартовой ($l = x, y, \eta, m = x, y, \eta$) и цилиндрической ($l = r, \theta, \eta, m = r, \theta, \eta$) системах координат как функции от Φ_j .

В дозвуковом случае $Ms < 1$, и решения (7) можно представить в виде:

$$\Phi_j = \Phi_j^{(1)} + \Phi_j^{(2)}. \quad (9)$$

Здесь $\Phi_j^{(1)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj} K_n(k_j r) e^{in\theta}$, $\Phi_j^{(2)} = \int_{-\infty}^{\infty} g_j(\xi, \zeta) \exp(i\zeta x + (x-h)\sqrt{\zeta^2 + k_j^2}) d\zeta$,

$K_n(k_j r)$ – функции Макдональда, $k_j = m_j \xi$; $g_j(\xi, \zeta)$, a_{nj} – неизвестные функции и коэффициенты, подлежащие определению, $j = 1, 2, 3$.

Как показано в [3], представление потенциалов в форме (9) приводит к следующим выражениям для потенциалов в декартовой системе координат:

$$\Phi_j = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{e^{-xf_j}}{2f_j} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj} \Phi_{nj} + g_j(\xi, \zeta) e^{(x-h)f_j} \right] e^{i\eta\zeta} d\zeta, \quad (10)$$

где $f_j = \sqrt{\zeta^2 + k_j^2}$, $\Phi_n = \left(\frac{\zeta + f_j}{k_j} \right)^n$, $j = 1, 2, 3$.

Воспользуемся граничными условиями (2), с учётом (10). Выделяя коэффициенты при $e^{i\eta\zeta}$ и приравнивая, в силу произвольности η , их нулю, получим систему трёх уравнений, из которой выражаем $g_j(\xi, \zeta)$ через коэффициенты a_{nj} :

$$g_j(\xi, \zeta) = \frac{1}{\Delta^*} \sum_{k=1}^3 \Delta_{jk}^* e^{-hf_k} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nk} \Phi_{nk}. \quad (11)$$

Вид определителя Δ^* и алгебраических дополнений Δ_{jk}^* совпадает с аналогичными определителями для неподкрепленной полости в

упругом полупространстве и определён в [3]. В частности, здесь Δ^* – это определитель Рэлея, который в данном случае имеет вид

$$\Delta^*(\xi, \zeta) = (2\rho_*^2 - M_2^2 \xi^2)^2 - 4\rho_*^2 \sqrt{\rho_*^2 - M_1^2 \xi^2} \sqrt{\rho_*^2 - M_2^2 \xi^2}, \quad \rho_*^2 = \xi^2 + \zeta^2,$$

и не обращается в ноль при любых ζ , если скорость бегущей нагрузки меньше скорости рэлеевской волны в полупространстве (cR). В противном случае в точках $\zeta = \pm \zeta^* = \pm |\xi| \sqrt{M_R^2 - 1}$, $M_R = c/c_R$, он обращается в ноль, и интегралы в формуле (10) становятся расходящимися.

Пусть $\tilde{n} < \tilde{n}_R$. В этом случае все подынтегральные функции в (9) непрерывны и экспоненциально стремятся к нулю на бесконечности. С учетом (11), формулы (10) имеют вид

$$\Phi_j = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{e^{-xf_j}}{2f_j} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj} \Phi_{nj} + e^{(x-h)f_j} \sum_{k=1}^3 \frac{\Delta_{jk}^*}{\Delta^*} e^{-hf_k} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nk} \Phi_{nk} \right] e^{iy\zeta} d\zeta. \quad (12)$$

Для определения неизвестных коэффициентов a_{nj} найдем представление (12) в цилиндрической системе координат.

Воспользовавшись известным разложением $\exp(ikr \cos \theta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} i^n J_n(kr) e^{in\theta}$ [4], представим (9) в цилиндрической системе координат, используя (11)

$$\Phi_j = \sum_{n=-\infty}^{\infty} (a_{nj} K_n(k_j r) + b_{nj} I_n(k_j r)) e^{in\theta}, \quad (13)$$

где $b_{nj} = \sum_{k=1}^3 \sum_{m=-\infty}^{\infty} a_{mk} A_{nj}^{mk}$, $A_{nj}^{mk} = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\Delta_{jk}^*}{\Delta^*} \Phi_{mk} \Phi_{nj} e^{-h(f_k + f_j)} d\zeta$.

Подставляя найденные для потенциалов соотношения в выражения для u_l и σ_m в декартовых и цилиндрических координатах, получим для них новые выражения, где неизвестными будут только коэффициенты a_{nj} .

Определим эти коэффициенты по аналогии с [1] из граничных условий на поверхности полости, допуская, что, в силу малости толщины оболочки, $R_k = R$, где R – радиус поверхности полости, $k = 1, 2, \dots, N$. По этой же причине и исходя из условия жёсткого сцепления слоёв оболочки и последней с массивом, принимаем

$$u_{0,jk} = u_{0j}, \quad k = 1, 2, \dots, N, \quad j = \eta, \theta, r. \quad (14)$$

Тогда граничные условия на поверхности полости будут иметь такой же, как в [1] вид

$$u_j|_{r=R} = u_{0j}, \quad j = \eta, \theta, r. \quad (15)$$

Подставляя (8) с учётом (15) в (3), для n -го члена разложения получим

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_{1k}^2 u_{0m\eta} + v_{0k} n \xi_0 u_{0n\theta} - 2iv_{0k} \xi_0 u_{0n} &= G_{0k} (q_{m\eta k} - q_{m\eta k-1}) \\
 v_{02k} n \xi_0 u_{0m\eta} + \varepsilon_{2k}^2 u_{0n\theta} - 2inu_{0nr} &= G_{0k} (q_{n\theta k} - q_{n\theta k-1}), \\
 2iv_{0k} \xi_0 u_{0m\eta} + 2inu_{0n\theta} + \varepsilon_{3k}^2 u_{0n} &= G_{0k} (q_{nrk} - q_{nrk-1}),
 \end{aligned} \tag{16}$$

где $k = 1, 2, \dots, N$;

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_{1k}^2 &= \alpha_{0k}^2 - \varepsilon_{0k}^2, \quad \varepsilon_{2k}^2 = \beta_{0k}^2 - \varepsilon_{0k}^2, \quad \varepsilon_{3k}^2 = \gamma_{0k}^2 - \varepsilon_{0k}^2, \quad \xi_0 = \xi R, \\
 \alpha_{0k}^2 &= 2\xi_0^2 + v_{01k} n^2, \quad \beta_{0k}^2 = v_{01k} \xi_0^2 + 2n^2, \quad \gamma_{0k}^2 = \chi_k^2 (\xi_0^2 + n^2) + 2, \quad \varepsilon_{0k}^2 = v_{01k} \xi_0^2 M_{s0k}^2, \\
 v_{01k} &= 1 - v_{0k}, v_{02k} = 1 + v_{0k}, \quad M_{s0k} = c / c_{s0k}, \quad c_{s0k} = \sqrt{\frac{\mu_{0k}}{\rho_{0k}}}, \quad \chi_k^2 = \frac{h_{0k}^2}{6R^2}, \quad G_{0k} = -\frac{v_{01k} R^2}{\mu_{0k} h_{0k}}.
 \end{aligned}$$

Если разделить обе части уравнений (16) на G_{0k} и произвести суммирование систем этих уравнений по k от 1 до N , то можно получить вместо k систем уравнений – одну, подобного [1] вида

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_1^2 u_{0m\eta} + v_0 n \xi_0 u_{0n\theta} - 2iv_0 \xi_0 u_{0n} &= P_{m\eta} - q_{m\eta 0}, \\
 v_{02} n \xi_0 u_{0m\eta} + \varepsilon_2^2 u_{0n\theta} - 2inG_0^{-1} u_{0nr} &= P_{n\theta} - q_{n\theta 0}, \\
 2iv_0 \xi_0 u_{0m\eta} + 2inG_0^{-1} u_{0n\theta} + \varepsilon_3^2 u_{0n} &= P_n - q_{n 0},
 \end{aligned} \tag{17}$$

$$\begin{aligned}
 \text{где } \varepsilon_1^2 &= \sum_{k=1}^N \varepsilon_{1k}^2 / G_{0k}, \quad \varepsilon_2^2 = \sum_{k=1}^N \varepsilon_{2k}^2 / G_{0k}, \quad \varepsilon_3^2 = \sum_{k=1}^N \varepsilon_{3k}^2 / G_{0k}, \quad v_0 = \sum_{k=1}^N v_{0k} / G_{0k}, \\
 v_{02} &= \sum_{k=1}^N v_{02k} / G_{0k}, \quad G_0^{-1} = \sum_{k=1}^N 1 / G_{0k}.
 \end{aligned}$$

Разрешая (17) относительно $u_{0m\eta}$, $u_{0n\theta}$, u_{0nr} , находим

$$\begin{aligned}
 u_{0m\eta} &= \frac{1}{\delta_n} \sum_{j=1}^3 \delta_{\eta j} (P_{nj} - q_{nj 0}) \\
 u_{0n\theta} &= \frac{1}{\delta_n} \sum_{j=1}^3 \delta_{\theta j} (P_j - q_{j 0}) \\
 u_{0nr} &= \frac{1}{\delta_n} \sum_{j=1}^3 \delta_j (P_j - q_{j 0}).
 \end{aligned}$$

Здесь $\delta_n = \delta_{|n|} = (\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3)^2 - (\varepsilon_1 \xi_1)^2 - (\varepsilon_2 \xi_2)^2 - (\varepsilon_3 \xi_3)^2 + 2\xi_1 \xi_2 \xi_3$,

$$\begin{aligned} \delta_{\eta_1} &= (\varepsilon_2 \varepsilon_3)^2 - \xi_1^2, \quad \delta_{\eta_2} = \xi_1 \xi_2 - \xi_3 \varepsilon_3^2, \quad \delta_{\eta_3} = i(\varepsilon_2^2 \xi_2 - \xi_1 \xi_3) \\ \delta_{\theta_1} &= \delta_{\eta_2}, \quad \delta_{\theta_2} = (\varepsilon_1 \varepsilon_3)^2 - \xi_2^2, \quad \delta_{\theta_3} = i(\varepsilon_1^2 \xi_1 - \xi_2 \xi_3) \\ \delta_{r_1} &= -\delta_{\eta_3}, \quad \delta_{r_2} = -\delta_{\theta_3}, \quad \delta_{r_3} = (\varepsilon_1 \varepsilon_2)^2 - \xi_3^2, \\ \xi_1 &= 2nG_0^{-1}, \quad \xi_2 = 2\nu_0 \xi_0, \quad \xi_3 = \nu_{02} \xi_0 n \end{aligned}$$

для Pnj и qnj индекс $j = 1$ соответствует индексу η , $j = 2 - \theta$, $j = 3 - r$.

Подставляя в (15) соответствующие выражения и приравнявая коэффициенты рядов при $e^{in\theta}$, получим бесконечную систему линейных алгебраических уравнений с определителем нормального типа для определения коэффициентов an_j .

Рассмотрим случай, когда $\tilde{n} > \tilde{n}_R$. В этом случае подынтегральные функции в (9) имеют неинтегрируемые особенности. Однако, деформируя контур интегрирования с обходом особенностей знаменателя Рэлея в точках $\zeta = \pm \zeta^*$ по ε -полуокружностям в областях, где выполняются условия излучения (см. [3]) и устремляя ε к нулю, можно получить решение и в этом случае в виде

$$\begin{aligned} \Phi_j &= \text{V.p.} \int_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{e^{-xf_j}}{2f_j} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj} \Phi_{nj} + e^{(x-h)f_j} \sum_{k=1}^3 \frac{\Delta_{jk}^*}{\Delta_*} e^{-hf_k} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nk} \Phi_{nk} \right] e^{iyf} d\zeta - \\ &- i\pi \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{k=1}^3 a_{nk} \left\{ \frac{e^{(x-h)f_j - iy\zeta^*}}{\Delta_{\zeta}^*} \Delta_{jk}^* e^{-hf_k} \Phi_{nk} \Big|_{\zeta=\zeta^*} - \frac{e^{(x-h)f_j + iy\zeta^*}}{\Delta_{\zeta}^*} \Delta_{jk}^* e^{-hf_k} \Phi_{nk} \Big|_{\zeta=\bar{\zeta}^*} \right\} \end{aligned}$$

Здесь в формуле во второй строке стоят вычеты подынтегральных функций в указанных точках, $\Delta_{\zeta}^* = \frac{\partial \Delta^*(\xi, \zeta)}{\partial \zeta}$. Используя асимптотические свойства интеграла в смысле главного значения [5], из этой формулы следует, что при $y \rightarrow \pm\infty$

$$\Phi_j \approx 2\pi i \operatorname{sgn} y \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{k=1}^3 a_{nk} \frac{e^{(x-h)f_j \mp iy\zeta^*}}{\Delta_{\zeta}^*} \Delta_{jk}^* e^{-hf_k} \Phi_{nk} \Big|_{\zeta=\mp \zeta^*}$$

С учетом множителя $\exp(i\xi\eta)$ отсюда следует, что при сверхрэлеевских скоростях подвижной нагрузки на свободной поверхности полупространства $x = h$ возникают рэлеевские волны, распространяющиеся в направлении волнового вектора (ζ^*, ξ) в полуплоскости $(y > 0, \eta)$, а в полуплоскости $(y < 0, \eta)$ в направлении $(-\zeta^*, \xi)$.

В случае произвольной периодической по η нагрузки, разлагая ее в ряд Фурье, для каждой составляющей ряда получим вышерассмотренную задачу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева Л.А., Украинец В.Н. Динамика упругого полупространства с подкрепленной цилиндрической полостью при подвижных нагрузках // Междун. науч. жур. "Прикладная механика". НАН Украины – Киев, 2009. – Т. 45. – № 9. – С. 75-85.
2. Гузь Л.И., Кубенко В.Д., Черевко М.А. Дифракция упругих волн. – Киев: Наукова думка, 1978. – 308 с.
3. Ержанов Ж.С., Айталиев Ш.М., Алексеева Л.А. Динамика тоннелей и подземных трубопроводов. – Алма-Ата: Наука Казахской ССР, 1989. – 240 с.
4. Морс Ф.М., Фешбах Г. Методы теоретической физики. Т.2. – М.: Изд. иностр. лит., 1960. – 886 с
5. Федорюк М.В. Асимптотика, интегралы и ряды. – М.: Наука, 1987. – 544 с.

УДК 616.428-002.5-053.3

ТУБЕРКУЛЁЗ ВНУТРИГРУДНЫХ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ У ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА. ОСОБЕННОСТИ РЕНТГЕНСЕМИОТИКА

Д.А. Умралина

врач-рентгенолог, ГУ «ОПТД» г. Павлодар

Жұмыста жас балалардағы көкірек ішіндегі сөл түйіндері туберкулезінің ерекшеліктері, сондай-ақ оны рентген диагностикасы жолымен айқындауы туралы жазылған.

Features of a tuberculosis of intrachest lymph nodes undersign for work at children of early age, and also its revealing by radiodiagnosis

Туберкулёз внутригрудных лимфатических узлов наиболее часто встречающаяся форма у детей раннего возраста и имеет целый ряд отличительных особенностей. Прежде всего, это первичный туберкулёз, является наиболее частой и по существу центральной формой. Из-за казеозного процесса чаще поражается одновременно несколько групп внутригрудных лимфатических узлов, вследствие чего образуются крупные пакеты, которые нередко являются источником генерализации процесса, перехода его на соседние органы, прежде всего на бронхи. Характер и объём (распространённость) поражения лимфатических узлов во многом определяют не только тяжесть и течение заболевания, но и его форму. У детей раннего возраста процесс в лимфатических узлах протекает более выражено и бурно; с возрастом учащается число мало выраженных и стёртых форм.

Задачи рентгенологической диагностики бронхоаденита заключаются в выявлении увеличенных лимфатических узлов, определении распространённости поражения, его стадии и вовлечении в процесс соседних органов. Сложность выполнения этих задач очевидна, если учесть особенности топографии лимфатических узлов, а также частоту изменений

лёгочного корня у детей раннего возраста при различных нетуберкулёзных заболеваниях. Рентгенодиагностика изменений в лимфатических узлах основывается как на изменении плотности самого узла, так и на увеличении его размеров. Казеозный некроз ткани узла делает последний менее проницаемым для рентгеновских лучей, что позволяет с достоверностью диагностировать плотные тени лимфатических узлов в корнях лёгких. При наличии в средостении крупных казеозированных лимфатических узлов их плотность оказывается недостаточной для выявления с помощью рентгенографии и даже томографии. В этих случаях дети направляются на компьютерное исследование. У детей раннего возраста чаще встречается туморозная форма, когда лимфатический узел целиком состоит из туберкулёзной ткани, быстро подвергается казеизации, которая на R-грамме при наличии процесса в бронхопульмональных узлах сопровождается полициклическостью наружных контуров корня, сгущением рисунка в прикорневой зоне, на томограмме сужение просвета бронхов, нечеткость и волнистость контуров, выбухание стенок, смещение и деформация. Изменение контуров срединной тени наиболее ярко выступает при значительном увеличении паратрахеальных лимфатических узлов. Четкость контуров указывает на вовлечение в процесс медиастинальной плевры. При резком увеличении узлов наружный контур становится бугристым или имеет вид «каминной трубы». На боковых R-граммах в этих случаях можно увидеть расширение тени мягких тканей, лежащих кпереди от трахеи. При увеличении лимфатических узлов, в трахеобронхиальном углу, на прямых снимках определяется характерное выбухание головки корня лёгкого, часто достигающих больших размеров. На боковых снимках эта группа лимфоузлов проецируется перед трахеей в нижней её части и выявляется лучше на томограммах. Увеличение бифуркационных лимфатических узлов выявляется редко, диагностика облегчается в случаях их давления на бронхи. Определяемое томографически расширение угла бифуркации трахеи более 85-90 градусов является подозрением на увеличение бифуркационных узлов. В своей практике мне довелось увидеть только кальцинаты в этой группе узлов. В диагностике бронхоаденита большую роль играет трактовка парамедиастинальных теней. На увеличении вилочковой железы, её парусовидной формы, хочу привести собственное наблюдение: Ребёнок А. два года – направлен к фтизиопедиатру с диагнозом: Гиперергическая туберкулёзная проба. На рентгенограмме органов грудной клетки справа паратрахеально определяется тень с вогнутым наружным контуром, на боковом снимке локализация тени в переднем средостении. На срединных томограммах ширина трахеи, бронхов 1-2 порядков сохранены. С заключением: 1. Тимомегалия, парусовидная фор-

ма 2. Бронхоаденит средостения - ребёнок направлен на компьютерную томографию (КТ). Заключение КТ: Тимомегалия, парусовидная форма. Эта форма вилочковой железы встречается нечасто, чем округлая. Течение бронхоаденита отличается длительностью, а также склонностью к прогрессированию, запаздывает в своём обратном развитии, длительно сохраняет активность, так как в нём почти всегда содержится казеозный некроз. Клиническая симптоматология в раннем возрасте сопровождается температурной реакцией и симптомами нарушения общего состояния как слабость, потливость, потеря аппетита и первым диагнозом чаще является «грипп». Затем течение заболевания принимает бессимптомную форму, процесс в лимфатических узлах сохраняется и только после присоединения осложнений появляется кашель, одышка, затруднение дыхания. Всё это делает рентгенодиагностику туберкулёзного бронхоаденита практически единственным надёжным методом раннего выявления.

Осложнения - рентгенологическая картина:

Ввиду несовершенства бронхиального дерева у детей раннего возраста увеличенные лимфатические узлы нарушают проходимость бронхов, что приводит к обтурационной эмфиземе, гиповентиляции или ателектазу соответствующего участка лёгкого, в дальнейшем присоединению в этих участках вторичной инфекции. Собственное наблюдение: Ребёнок Б., поступил в детское отделение с диагнозом: Туберкулёз внутригрудных лимфатических узлов справа фаза инфильтрации, осложнённый ателектазом восьмого сегмента справа. На рентгенограмме: правый корень расширен, наружные контуры полициклические, на боковом снимке вдоль бронхов увеличенные лимфатические узлы, на томограмме просвет промежуточного и нижнедолевого бронхов сужен, восьмой сегмент справа уменьшен в объёме, с вогнутыми контурами. Ребёнок прошёл полный курс лечения, выписан с выздоровлением. В последующем у ребёнка частые воспалительные процессы именно в восьмом сегменте справа неспецифического характера. Второе наблюдение: Ребёнок Б. 3 года поступил в детское отделение с диагнозом: Туберкулёз внутригрудных лимфатических узлов справа фаза инфильтрации, на рентгенограмме органов грудной клетки увеличение правого корня, наружные контуры полициклические, на томограмме верхнедолевого и промежуточного бронхов сужен, в третьем сегменте снижение прозрачности. После завершения лечения все рентгенологические признаки исчезли. Другие осложнения, как прорыв казеозных масс в средостение с развитием медиастенита и холодных абсцессов, прорыв узлов в пищевод с развитием свища между пищеводом и бронхов в настоящее время не встречаются ввиду раннего выявления бронхоаденита.

Исход: уже в ходе лечения в поражённых лимфатических узлах начинают появляться мелкие участки начинающей кальцинации (на рентгенограмме органов грудной клетки это мелкие очаговые тени), которые со временем переходят в крупные кальцинаты или в группу кальцинатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рачинский С.В. Бронхолегочный туберкулез у детей раннего возраста. - М., 1970..
2. Рабухин А.Е. Туберкулез органов дыхания у взрослых. М. 1963.
3. Шебанов Ф. В. Туберкулез // Учебник для студентов мед. институтов, 1969. С.335-357.

УДК 004.42:[621.941: 62-82.001.24]

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЁТ ГИДРОПРИВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ MATHCAD

Р.А. Хайбулина, В.В. Рындин

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

MathCAD жүйесіндегі токарь станогымен гидроприводтың басты қозғалысы бойынша курстық жұмыстың алгоритм есебі ұсынылады. MathCAD жүйесімен әуелгі дағдылар баяндалды, курстық және дипломдық жұмыстарды орындаған кезде бұл жүйеде өз бетінше есеп айырысуға жеткілікті.

There is a term paper computation algorithm for the hydraulic drill of the main process of a turning workstation in the MathCAD System. The based skills for the work with the MathCAD System are stated, and would be enough for individual calculations in the current system for the term and diploma papers accomplishment.

Вводная часть. В настоящее время происходит интенсификация процесса обучения студентов в вузах путём использования различных автоматизированных систем. Например, студенты перешли к выполнению чертежей на компьютере с использованием систем машинной графики AutoCAD, TeflexCAD, Kompas 3D. **Расчётную часть учебных работ** студенты выполняют с использованием электронных калькуляторов. Переход от счёт и логарифмических линеек к электронным калькуляторам явился значительным прогрессом в расчётной практике. Однако калькуляторы ограничены в возможностях вычислений (они в общем случае не позволяют записывать формулы, вычислять интегралы, сохранять результаты большого числа вычислений и др.).

Этих недостатков лишена математическая система MathCAD [1 – 5], которая позволяет записывать и сохранять расчёт всей курсовой или дипломной работы (независимо от числа страниц) в общепринятых математических символах и операторах. Однако до настоящего времени эта система не нашла повсеместного применения в учебной практике вузов

при выполнении различных расчётов. Это обусловлено отсутствием как опыта работы преподавателей в системе MathCAD, так и соответствующих примеров расчёта в этой системе. В качестве примеров применения системы MathCAD можно отметить работы [6 – 8]. Продолжая популяризацию применения системы MathCAD в учебном процессе ПГУ им. С. Торайгырова ниже дан пример расчёта в этой системе курсовой работы по гидроприводу.

Основная часть. Расчёт гидропривода главного движения токарного станка. На рисунке 1 приведена схема гидропривода токарного станка [9]. В гидроприводе насос 1 подаёт рабочую жидкость через фильтр 2 и распределитель 3 к гидромотору 4, выходной вал которого связан со шпинделем токарного станка 5. Частота вращения шпинделя, нагруженного моментом M от усилия резания, регулируется за счет изменения площади проходного сечения $S_{\text{г}}$ регулируемого гидродросселя 6. В гидроприводе используются также предохранительный клапан 7 и гидробак 8.

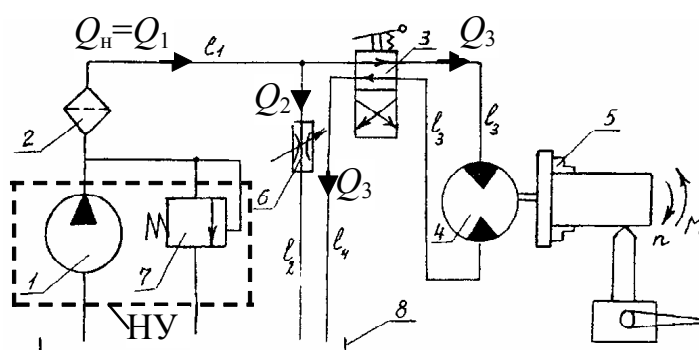


Рисунок 1 – Схема гидропривода токарного станка

Требуется определить:

- 1 Частоту вращения шпинделя (вала гидромотора).
- 2 Мощность потребляемую гидроприводом и его кпд.
- 3 Максимально возможную при заданном моменте M частоту вращения шпинделя и кпд гидропривода при этом.

Первым шагом решения является замена принципиальной схемы гидропривода эквивалентной схемой, в которой в условном виде с использованием любых символов представляют все виды гидравлических сопротивлений. На рисунке 2 представлен один из возможных вариантов такой эквивалентной схемы, полученной по принципиальной схеме рассматриваемого гидропривода (см. рис. 1).

Из эквивалентной схемы (рис. 2) видно, что поток рабочей жидкости от насосной установки НУ (совокупность насоса и предохранительного

клапана) проходит через фильтр Φ и далее движется по трубопроводу длиной l_1 , который в конце разделяется на два параллельных участка – 2 и 3-4. Двигаясь по второму участку длиной l_2 , жидкость проходит через дроссель Δ и далее сливается в гидробак; двигаясь по участку 3-4, жидкость проходит через один из каналов распределителя P , трубопровод длиной l_3 , гидромотор ΓM , трубопровод длиной l_3 , через другой канал распределителя P , трубопровод длиной l_4 и далее сливается в гидробак.

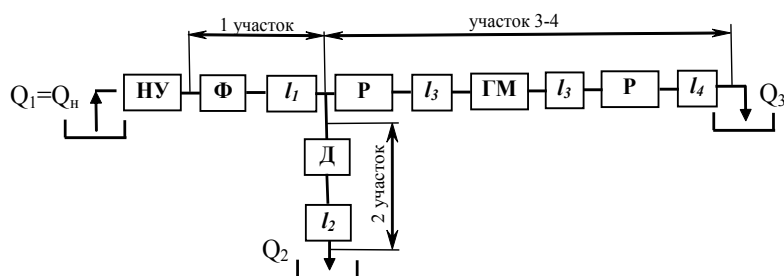


Рисунок 2 – Эквивалентная схема гидропривода

Ниже вводятся исходные данные для расчёта в системе MathCAD (операция присваивания обозначается символом «:=», который вводится при нажатии клавиши «:»; все символы в программе MathCAD записываются прямым шрифтом, а в пояснениях латинские буквы – курсивом).

Дано

Момент на шпинделе $M: 38 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Параметры гидромотора:

- рабочий объём гидромотора $V_r := 40 \text{ см}^3$;
- механический КПД гидромотора $\eta_{\text{мг}} := 0.9$;
- коэффициент объёмных утечек гидромотора $K_{\text{ог}} := 0.01 \text{ МПа}^{-1}$.

Параметры насоса:

- рабочий объём $V_n := 20 \text{ см}^3$;
- частота вращения вала $n_n := 1500 \text{ мин}^{-1}$ или $n_n := \frac{1500}{60} = 25 \text{ с}^{-1}$

(оператор вывода «=» означает, что программа произвела вычисления).

Коэффициент объёмных утечек насоса $K_{\text{он}} := 0.02 \text{ МПа}^{-1}$.

Механический КПД насоса $\eta_{\text{мн}} := 0.9$.

П а р а м е т р ы т р у б о п р о в о д о в :
 $l_1 := 3 \text{ м}$; $l_2 := 2.5 \text{ м}$; $l_3 := 2 \text{ м}$; $l_4 := 3 \text{ м}$; $d := 0.008 \text{ м}$.

Эквивалентные длины:

- фильтра $l_{\text{эф}} := 300 \cdot d = 2.4 \text{ м}$;
- каждого канала распределителя $l_{\text{эр}} := 200 \cdot d = 1.6 \text{ м}$.

Параметры гидросеся:

- коэффициент расхода $\mu_{др} := 0.65$;
- площадь поперечного сечения $S_{др} := 2.5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.

Параметры рабочей жидкости:

- плотность $\rho := 900 \text{ кг/м}^3$;
- кинематическая вязкость $\nu := 0.4 \text{ см}^2/\text{с}$.

Решение

Теоретическая подача насоса $Q_t := V_n \cdot n_n = 500 \text{ см}^3/\text{с}$ (индекс в имени переменной набирается после нажатия клавиши с точкой).

Зависимость давления, развиваемого насосом, от расхода называется характеристикой насоса $p_i = f(Q)$. Учитывая почти линейность характеристики объёмного насоса, находим две точки на этой характеристике.

Первая точка характеристики насоса A на рисунке 3 (все надписи внутри сетки выполнены в Word поверх графиков, полученных в MathCAD) соответствует нулевому значению давления (избыточному) $p_A := 0 \text{ МПа}$ и теоретической (максимальной) подаче насоса $Q_A := Q_t = 500 \text{ см}^3/\text{с}$.

Вторая точка A_1 определяется для произвольно заданного давления, например, $p_{A1} := 6 \text{ МПа}$ и подачи насоса, соответствующей этому давлению и определяемой через коэффициент объёмных утечек $\eta_{он} := 1 - K_{он} \cdot p_{A1} = 0.88$ по формуле $Q_{A1} := Q_t \cdot \eta_{он} = 440 \text{ см}^3/\text{с}$.

Соединяя точки A и A_1 , можно графически получить характеристику насоса в виде прямой линии $A_1 A$ (см. рис. 3). Для автоматического построения этой линии ($p_i = f(Q)$) в системе MathCAD предварительно необходимо задать переменную Q со значениями от 0 до 550 $\text{см}^3/\text{с}$ с шагом 1 $\text{см}^3/\text{с}$: $Q := 0..550$ (символ перечисления значений в виде двух точек «..» вводится с помощью клавиши «;»).

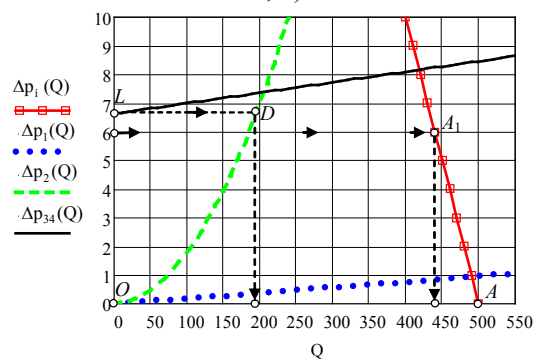


Рисунок 3 – Характеристики насоса и участков трубопровода

Характеристика насоса (прямая линия) определяется выражением

$$p_H(Q) := p_{A1} - \frac{p_{A1} \cdot (Q - Q_{A1})}{Q_A - Q_{A1}}$$

Число Рейнольдса при максимальном расходе $Q_A = 500 \text{ см}^3/\text{с}$, диаметре $d := 0.8 \text{ см}$ и вязкости $\nu := 0.4 \text{ см}^2/\text{с}$: $Re := 4 \frac{Q_A}{\pi \cdot d \cdot \nu} = 1.98944 \times 10^3$.

Это значение меньше критического $Re_{кр} = 2300$, следовательно, во всём трубопроводе возможен только ламинарный режим течения, что позволяет рассчитывать потери давления на трение по формуле $\Delta p_{тр} = 128 \cdot \nu \cdot l \cdot \rho \cdot \frac{Q \cdot 10^{-12}}{\pi \cdot d^4}$. Здесь $\Delta p_{тр}$ получается в МПа, Q берётся в $\text{см}^3/\text{с}$, а остальные величины – в СИ:

$$\nu := 0.4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}; \quad d := 0.008 \text{ м}; \quad \rho := 900 \text{ кг/м}^3.$$

Потери (перепад) давления на первом участке (в 1-м трубопроводе) складываются из потерь на трение (по длине) и на местном сопротивлении – в фильтре

$$\Delta p_1 = \Delta p_{тр1} + \Delta p_{\phi} = 128 \cdot \nu \cdot l_1 \cdot \rho \cdot \frac{Q \cdot 10^{-12}}{\pi \cdot d^4} + \frac{128 \cdot \nu \cdot l_{\phi} \cdot \rho \cdot Q \cdot 10^{-12}}{\pi \cdot d^4} = K_1 \cdot Q \cdot 10^{-12},$$

где $K_1 := \frac{128 \cdot \nu \cdot \rho}{\pi \cdot d^4} \cdot (l_1 + l_{\phi}) = 1.93373 \times 10^9 \text{ кг}/(\text{м}^4 \cdot \text{с})$ – вспомогательный коэффициент, применяемый для облегчения ручного расчёта Δp_1 при различных Q .

Зависимость потерь давления в трубопроводе от расхода называется характеристикой трубопровода. Уравнение характеристики 1-го участка трубопровода имеет вид $\Delta p_1(Q) := K_1 \cdot Q \cdot 10^{-12}$.

Потери на втором участке (во втором трубопроводе) складываются из потерь на трение по длине l_2 и на местном сопротивлении – дросселе $\Delta p_{др}$

$$\Delta p_2 := \Delta p_{тр2} + \Delta p_{др} = 128 \cdot \nu \cdot l_2 \cdot \rho \cdot \frac{Q \cdot 10^{-12}}{\pi \cdot d^4} + \frac{\rho}{2 \cdot \mu_{др}^2 \cdot S_{др}^2} \cdot Q^2 \cdot 10^{-18}.$$

Вводя вспомогательные коэффициенты

$$K_2 := 128 \cdot \nu \cdot l_2 \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot d^4} = 8.95247 \times 10^8 \text{ кг}/(\text{м}^4 \cdot \text{с}) \text{ и}$$

$$K_{др} := \frac{\rho}{2 \cdot \mu_{др}^2 \cdot S_{др}^2} = 1.70414 \times 10^{14} \text{ кг/м}^7$$

получим уравнение характеристики второго трубопровода в таком виде:

$$\Delta p_2(Q) := K_2 \cdot Q \cdot 10^{-12} + K_{др} \cdot Q^2 \cdot 10^{-18}.$$

Перепад давления на участке 3-4 складывается из потерь на трение на длине $2l_3 + l_4$ и на распределителе $2\Delta p_p$ при его двойном прохождении жидкостью, а также перепада давления на гидромоторе $\Delta p_r := \frac{2 \cdot \pi \cdot M}{V_r \cdot \eta_{MG}} = 6.63225$ МПа :

$$\Delta p_{34} = 2\Delta p_{тр3} + \Delta p_{тр4} + 2\Delta p_p + \Delta p_r = 128 \cdot v \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot d^4} \cdot (2l_3 + l_4 + 2l_{тр}) \cdot Q \cdot 10^{-12} + \Delta p_r$$

$$\text{Вводя коэффициент } K_3 := 128 \cdot v \cdot \frac{\rho}{\pi \cdot d^4} \cdot (2 \cdot l_3 + l_4 + 2 \cdot l_{тр}) = 3.65261 \times 10^9 \frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}^4},$$

получим уравнение характеристики участка 3-4 $\Delta p_{34}(Q) := K_3 \cdot Q \cdot 10^{-12} + \Delta p_r$.

Для построения графиков необходимо выбрать шаблон двумерного графика в декартовой системе координат и в шаблоны данных (тёмные маленькие прямоугольники) ввести у оси абсцисс имя переменной (Q), а у оси ординат имена функций ($p_n(Q)$, $\Delta p_1(Q)$, $\Delta p_2(Q)$, $\Delta p_{34}(Q)$), которые следует заносить через запятую (см. рис. 3)

Далее необходимо сложить характеристики параллельных ветвей 2 и 3-4 трубопровода путём сложения объёмных расходов этих ветвей Q_2 и Q_3 при одинаковых давлениях. Следует обратить внимание на то, что самая нижняя точка характеристики $\Delta p_{34}(Q)$ лежит на оси ординат ($Q_3 = 0$) и имеет значение давления $p_L := \Delta p_{34}(0) = 6.63225$ МПа (точка L на рис. 3). Следовательно, до этого давления в качестве суммарной характеристики параллельных ветвей трубопровода следует рассматривать характеристику второго трубопровода с дросселем $\Delta p_2(Q)$ (линия OD). В дальнейшем для получения уравнения суммарной характеристики потребуется знать ряд точек на этой характеристике.

В качестве таких точек берём точки с расходами ($\text{см}^3/\text{с}$):

$$Q_0 := 0; \quad Q_1 := 25; \quad Q_2 := 50; \quad Q_3 := 75; \quad Q_4 := 100; \quad Q_5 := 150; \quad Q_6 := 175;$$

$$Q_7 := Q_D$$

и определяем в этих точках значения давлений (МПа)

$$p_0 := \Delta p_2(0) = 0; \quad p_1 := \Delta p_2(Q_1) = 0.13; \quad p_2 := \Delta p_2(Q_2) = 0.47; \quad p_3 := \Delta p_2(Q_3) = 1.03;$$

$$p_4 := \Delta p_2(Q_4) = 1.79; \quad p_5 := \Delta p_2(Q_5) = 3.97; \quad p_6 := \Delta p_2(Q_6) = 5.38;$$

$$p_7 := p_L = 6.63.$$

Объёмный расход Q_D при давлении p_L находим, используя программу Given-Find. Предварительно задаём $Q := 150$ $\text{см}^3/\text{с}$. Набираем

Given $\Delta p_2(Q) = p_L$ (знак «жирное равно» набирается при нажатии клавиш Ctrl и равно) $Q_D := \text{Find}(Q) = 194.7$ $\text{см}^3/\text{с}$.

При давлениях, больших $p_L = p_D = 6.63$ МПа, необходимо учитывать расходы в обеих параллельных ветвях при одинаковых заданных давлениях. В качестве таких давлений возьмём: $p_8 := 6.64$ МПа – это давление

должно незначительно превышать давление в точке D , так как в точке D происходит излом суммарной характеристики, $p^9 := 6.9$ МПа; $p^{10} := 7.3$ МПа и $p^{11} := 7.7$ МПа.

Объёмные расходы ($\text{см}^3/\text{с}$) в ветвях для этих давлений находим, используя программу Given-Find, а суммарный расход путём их простого суммирования:

$$\begin{aligned} \text{Given } \Delta p_2(Q) = p^8 \quad Q_2 &:= \text{Find}(Q) = 194.78 \\ \text{Given } \Delta p_{34}(Q) = p^8 \quad Q_3 &:= \text{Find}(Q) = 2.12 \quad Q_8 := Q_2 + Q_3 = 196.90 \\ \text{Given } \Delta p_2(Q) = p^9 \quad Q_2 &:= \text{Find}(Q) = 198.61 \\ \text{Given } \Delta p_{34}(Q) = p^9 \quad Q_3 &:= \text{Find}(Q) = 73.30 \quad Q_9 := Q_2 + Q_3 = 271.91 \\ \text{Given } \Delta p_2(Q) = p^{10} \quad Q_2 &:= \text{Find}(Q) = 204.36 \\ \text{Given } \Delta p_{34}(Q) = p^{10} \quad Q_3 &:= \text{Find}(Q) = 182.81 \quad Q_{10} := Q_2 + Q_3 = 387.17 \\ \text{Given } \Delta p_2(Q) = p^{11} \quad Q_2 &:= \text{Find}(Q) = 209.95 \\ \text{Given } \Delta p_{34}(Q) = p^{11} \quad Q_3 &:= \text{Find}(Q) = 292.33 \quad Q_{11} := Q_2 + Q_3 = 502.28. \end{aligned}$$

Заносим значения расходов $Q_0 - Q_{11}$ и давлений $p_0 - p_{11}$ в двумерный шаблон матрицы $M1$ (матрица вызывается совместным нажатием клавиш Ctrl и M). Чтобы индекс первого члена матрицы начинался с единицы, а не с нуля – по умолчанию, то следует набрать $\text{ORIGIN} := 1$.

$M1 := \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 25 & 0.13 \\ 50 & 0.47 \\ 75 & 1.03 \\ 100 & 1.79 \\ 150 & 3.97 \\ 175 & 5.38 \\ 194.7 & 6.63 \\ 196.9 & 6.64 \\ 271.9 & 6.9 \\ 387.2 & 7.3 \\ 502.3 & 7.7 \end{pmatrix}$	Далее вводим обозначения первого и второго столбцов матрицы (на уровне ниже середины матрицы)
	$Q := M1^{(1)} \quad \Delta p_{23} := M1^{(2)}.$
	Задаём значения переменной Q от 0 до 500 с шагом 10 (по умолчанию шаг равен 1, однако в этом случае все дополнительные символы на кривой, например ромбики на рисунке 4, сливаются в одну сплошную линию)
	$Q := 0, 10..500$

Для представления табличных значений перепада давления на участке 2-3 Δp_{23} в виде функциональной зависимости $\Delta p_{23}(Q)$ для любых значений расхода используется одномерная сплайн-интерполяция в виде двух функций

$$S := \text{lspline}(X, Y) \text{ и } \Delta p_{23}(Q) := \text{interp}(S, X, Y, Q).$$

Суммарный перепад давления в гидросистеме определяется путём сложения перепадов давления на участках 1 и 2-3, соединённых последовательно,

$$\Delta p_{\Sigma}(Q) := \Delta p_1(Q) + \Delta p_{23}(Q).$$

Характеристики параллельного участка 2-3 $\Delta p_{23}(Q)$ и всей гидросистемы $\Delta p_{\Sigma}(Q)$ представлены на рисунке 4 соответственно в виде штрихпунктирной и изогнутой сплошной линий.

Пересечение характеристики сложного трубопровода с характеристикой насосной установки даёт рабочую точку гидросистемы (точка R на рисунке 4). Эта точка находится путём совместного решения уравнений характеристик насоса и трубопровода, используя программу Given-Find:

$$Q := 430 \quad \text{Given} \quad \Delta p_{\Sigma}(Q) = p_H(Q) \quad Q_R := \text{Find}(Q) \quad Q_H := Q_R = 417.9 \text{ см}^3/\text{с}$$

$$p_R := p_H(Q_R) = 8.21 \text{ МПа} \quad p_H := p_R = 8.21 \text{ МПа}.$$

Координаты какой-либо точки на диаграмме можно также найти приближённо путём наведения указателя мыши на эту точку. Для этого необходимо навести стрелку мыши на рисунок и щёлкнуть правую клавишу мыши; откроется контекстное меню, где выбрать «Trace» и нажать левую клавишу мыши. Появится табличка «X-Y Trace», далее навести стрелку мыши на точку R и щёлкнуть левой клавишей мыши; через точку пройдут две взаимно перпендикулярные линии, а в табличке появятся значения координат $Q_R = 420$ и $p_R = 8.26$ (что близко найденным значениям).

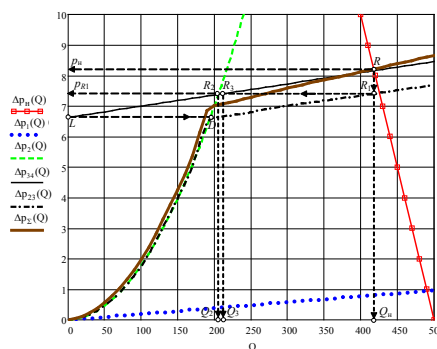


Рисунок 4 – К расчёту рабочей точки насоса

Итак, данная гидросистема работает при давлении (избыточном) насоса $p_H = p_R = 8,21$ МПа и объёмном расходе $Q_H = Q_R = 417,9$ см³/с. Опуская перпендикуляр из точки R до его пересечения с суммарной характери-

кой параллельных ветвей $\Delta p_{23}(Q)$ в точке R_1 (см. рис. 4), находим перепад давления на параллельном участке $p_{R1} := \Delta p_{23}(Q_K) = 7.40$ МПа.

Поскольку этот же перепад давления устанавливается в обеих параллельных ветвях $\Delta p_{23} = \Delta p_2 = \Delta p_{34}$, то, проводя горизонталь через точку R_1 до пересечения с характеристиками этих ветвей $\Delta p_2(Q)$ и $\Delta p_{34}(Q)$, получим точки R_2 и R_3 . Расходы, соответствующие этим точкам, находим из соответствующих характеристик по заданному давлению p_{R1} с использованием программы Given-Find:

$$Q := 200 \quad \text{Given} \quad \Delta p_2(Q) = p_{R1} \quad Q_2 := \text{Find}(Q) = 205.8$$

$$\text{Given} \quad \Delta p_{34}(Q) = p_{R1} \quad Q_3 := \text{Find}(Q) = 210.9$$

Проверка суммарного расхода в параллельных ветвях $Q_{23} := Q_2 + Q_3$
 $Q_{23} = 416.7 \text{ см}^3/\text{с}$. Погрешность вычислений и построения кривых
 $\left| \frac{Q_R - Q_3}{Q_R} \right| \cdot 100 = 0.28\%$ (погрешность уменьшается с увеличением числа точек в матрице).

Расчёт основных параметров гидропривода. Мощность насосной установки (гидропривода) $N_{вх} := \frac{p_H \cdot Q_r}{\eta_{мг}} = 4.562 \times 10^3$ Вт.

Объёмный расход рабочей жидкости через гидромотор $Q_r := Q_3$ $Q_r = 210.9 \text{ см}^3/\text{с}$. Ранее определили $\Delta p_r = 6.63225$ М $M = 38$ $V_r = 40$.

$$\text{Объёмный КПД гидромотора } \eta_{ог} := \frac{1}{1 + K_{ог} \cdot \Delta p_r} = 0.938.$$

$$\text{Частота вращения вала гидромотора } n_r := \frac{Q_r \cdot \eta_{ог}}{V_r} = 4.945 \text{ с}^{-1} \text{ или}$$

$$n_{r60} := 60 \cdot n_r = 296.7 \text{ мин}^{-1}.$$

Полезная мощность гидропривода определяется мощностью гидромотора, которая пропорциональна моменту M на шпинделе

$$N_r := 2 \cdot \pi \cdot n_r \cdot M = 1.181 \times 10^3 \quad N_{вых} := N_r = 1.181 \times 10^3 \text{ Вт.}$$

Проверка $N_{вых} := \Delta p_r \cdot Q_r \cdot \eta_{мг} \cdot \eta_{ог} = 1.181 \times 10^3$ Вт.

$$\text{Коэффициент полезного действия гидропривода } \eta_{гп} := \frac{N_{вых}}{N_{вх}} = 0.259.$$

Максимальная частота вращения шпинделя будет, если весь расход пойдёт через гидромотор, т. е. когда дроссель будет полностью закрыт ($Q_2 = 0$). В этом случае суммарные потери будут состоять из потерь на 1-м участке Δp_1 и на участке 3-4 $\Delta p_{34} : \Delta p_{134}(Q) := \Delta p_1(Q) + \Delta p_{34}(Q)$.

Точка пересечения характеристики $\Delta p_{134}(Q)$ с характеристикой насоса $p_H(Q) := p_{A1} \cdot \left(1 - \frac{Q - Q_{A1}}{Q_A - Q_{A1}} \right)$ определяется с использованием Given-Find

$$Q := 300 \quad \text{Given} \quad p_H(Q) = \Delta p_{134}(Q) \quad Q_{max} := \text{Find}(Q) \quad Q_{max} = 410.7 \text{ см}^3/\text{с}.$$

Давление насоса в этой точке $p_H(Q_{max}) = 8.9$ МПа.

Максимальная частота вращения шпинделя $n_{max} := \frac{Q_{max} \cdot \eta_{ог}}{V_r} = 9.636 \text{ с}^{-1}$ или $n_{max60} := n_{max} \cdot 60 = 578.155 \text{ мин}^{-1}$.

Выходная мощность при максимальной частоте вращения шпинделя
 $N_{\max} := 2 \cdot \pi \cdot n_{\max} \cdot M = 2.30 \times 10^3 \text{ Вт}$.

Кпд гидропривода при максимальных оборотах $\eta_{\text{гп.макс}} := \frac{N_{\max}}{N_{\text{эл}}} = 0.504$.

Заключение. Данная программа расчёта гидропривода является рабочей и может использоваться в курсовом проектировании. Для её применения необходимо установить MathCAD 14 (или 13) и записать все математические выражения, набранные в статье прямым шрифтом. Приведённые примеры получения функциональных зависимостей типа $p = f(Q)$, вывода графиков, решения системы уравнений с использованием Given-Find, применения сплайновой аппроксимации и др. могут использоваться в качестве основы для написания соответствующих программ в среде MathCAD.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. Mathcad 8 PRO в математике, физике и Internet. – М.: Нолидж, 2000. – 512с.: ил.
2. Кудрявцев Е.М. Mathcad 8. – М.: ДМК, 2000. – 320 с.: ил.
3. Кирьянов Д.В. Mathcad 13. – Спб.: БХВ-Петербург, 2006. – 608 с.: ил.
4. Панферов А. И., Лопарев А. В., Пономарев В. К. Применение Mathcad в инженерных расчетах: Учеб. пособие / СПбГУАП. СПб., 2004. – 88 с.: ил.
5. Половко А. М., Ганичев И. В. Mathcad для студента. – Спб.: БХВ-Петербург, 2006. – 336 с.: ил.
6. Ахметов С.А., Рындина Д.В., Рындин В.В. Применение математической системы Mathcad в курсовом проектировании по теории ДВС. / Материалы научной конференции молодых учёных, студентов и школьников «V Сатпаевские чтения». -Павлодар: НИЦ ПГУ им. С. Торайгырова, 2005.
7. Рындин В.В. Расчёт турбокомпрессора с использованием математической системы Mathcad. Методические указания к курсовой работе по газовой динамике и агрегатам наддува для специальности 280440 «Двигатели внутреннего сгорания». -Павлодар: НИЦ ПГУ им. С. Торайгырова, 2005. – 50 с.: ил.
8. Рындин В.В., Макушев Ю.П. Газовая динамика и агрегаты наддува. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Газовая динамика и агрегаты наддува» для специальности 280440 «Двигатели внутреннего сгорания». -Павлодар: Кереку, 2007. – 63 с.: ил.
9. Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Фатеев И.В. Расчет сложных трубопроводов с насосной подачей: Уч. пос. по курсу «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы» для студ. машиностроительных спец. / Под ред. Ю.А. Беленкова. -М.: МАМИ, 1997. -48 с.: ил.

НАШИ АВТОРЫ

Амургалинов Самат Токтамысович - соискатель кафедры электроэнергетики, энергетический факультет, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Ахметов Ж.Е. – старший преподаватель кафедры металлургии, факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Байгушева К.М. - к.п.н., доцент кафедры информатики и информационных систем, факультет физики, математики и информационных технологий, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Бейсембаев Мурат Кулханович – к.т.н., доцент кафедры БЖД и ЗОС, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Бегентаев Мейрам Мұхаметрахимович - д.э.н., профессор, проректор по стратегическому планированию, социальной и воспитательной работе, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Гирнис Светлана Римонтасовна - старший преподаватель, Инновационный Евразийский университет.

Дегтярёв А.В. - магистрант, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Дроздова Наталья Константиновна - кафедра БЖД и ЗОС, Павлодарский государственный университет, им. С. Торайгырова.

Доскельдина Марзия Омаргалиевна – заведующий II инфекционным отделением, ГУ «Павлодарская областная инфекционная больница».

Дюсенбаев Р.М. - врач -нейрохирург, ККГП Городская больница №1, г. Павлодар.

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

Ережепова А.К. - ассистент кафедры архитектуры и дизайна, архитектурно-строительный факультет, Павлодарский государственный университет, им. С. Торайгырова.

Кунцевич М.В. – магистрант, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Макиевская Е.В. - врач невропатолог ККГП Городская больница № 1, г. Павлодар.

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

Сакенова Г.Ж. - врач -невропатолог ККГП Городская больница № 1, г. Павлодар.

Саканов Куандык Темирович - к.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Транспортное строительство и профессиональное обучение», Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Семенова М.К. - кафедра БЖД и ЗОС, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Смагулова А.К. – заведующий детским гепатическим центром, ГУ «Павлодарская областная инфекционная больница».

Коновалов С.Н. – врач-гепатолог, ГУ «Павлодарская областная инфекционная больница».

Корнюхина М.П. – госпитальный эпидемиолог, ГУ «Павлодарская областная инфекционная больница».

Суюнтбеков Ислам Эсенкулович – к.т.н., доцент, Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова, Кыргызская Республика, г. Бишкек.

Титков А.А. - к.э.н., доцент экономики, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Титаренко Л.Н. - врач нейрохирург ККГП Городская больница №1 г. Павлодар.

Тлеулесов Аскар Каримжанович -ст.преподавателькафедрыБЖДиЗОС, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Тотай Самал Тотайкызы - магистрант, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Украинец Виталий Николаевич - д.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

Умралина Д.А. -врач-рентгенолог ГУ «ОПТД», г. Павлодар

Утегулов Болатбек Бахитжанович - д.т.н., профессор кафедры электроэнергетики, энергетический факультет, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Хайбулина Рузалия Аликовна – студент, кафедра механики и нефтегазового дела, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

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. S.Christopoulos, The transmission-Line Modelling (TML) Method, 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,

«Научный издательский центр ПГУ».

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

факс: 8 (718-2) 67-37-02.

E-mail: publish@psu.kz

Басуға 01.12.2010 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 № 1455

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