

ВЕСТНИК НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА "ХПИ"

Сборник научных трудов

17'2010

Тематический выпуск "Новые решения в современных технологиях"

Издание основано Национальным техническим университетом «ХПИ» в 2001 году

Госиздание

Свидетельство Госкомитета по информационной политике

Украины КВ №5256 от 02.07.2001 г

КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель

Л.Л.Товажнянский, д-р техн.наук, проф.

Координационный совет

А.П. Марченко, д-р техн. наук, проф.

Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.

К.А. Горбунов, канд. техн. наук, доц.

Е.Е. Александров, д-р техн. наук, проф.

Л.М. Бесов, д-р техн. наук, проф.

Б.Т. Бойко, д-р техн. наук, проф.

Ф. Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф.

М.Д. Годлевский, д-р техн. наук, проф.

А.И. Грабченко, д-р техн. наук, проф.

В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.

В.Д. Дмитриенко, д-р техн. наук, проф.

И.Ф. Домнин, д-р техн. наук, проф.

Ю.И. Зайцев, к.т.н., проф.

В.В. Епифанов, канд. техн. наук, проф.

О.П. Качанов, д-р техн. наук, проф.

В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.

С. И. Кондрашов, д-р техн. наук, проф.

В.М. Кошельник, д-р техн. наук, проф.

В.И. Кравченко, д-р техн. наук, проф.

Г.В. Лисачук, д-р техн. наук, проф.

В.С. Луников, д-р техн. наук, проф.

О.К. Морачковский, д-р техн. наук, проф.

В.И. Николаенко, канд. ист. наук

П.Г. Перерва, д-р экон. наук, проф.

В.А. Пуляев, д-р техн. наук, проф.

М.И. Рыщенко, д-р техн. наук, проф.

В.Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.

Г.М. Сучков, д-р техн. наук, проф.

Ю.В. Тимофеев, д-р техн. наук, проф.

Н.А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.

В.И. Кравченко, д-р техн. наук, проф.

О.К. Морачковский, д-р техн. наук, проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ответственный редактор

Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.

Ответственный секретарь

О.В. Саввова, канд. техн. наук

Г.И. Львов, д-р техн. наук, проф.

А.С. Куценко, д-р техн. наук, проф.

И.В. Кононенко, д-р техн. наук, проф.

Л.Г. Раскин, д-р техн. наук, проф.

В.Я. Заруба, д-р техн. наук, проф.

В.Я. Терзиян, д-р техн. наук, проф.

М.Д. Узунян, д-р техн. наук, проф.

Л.Л. Брагина, д-р техн. наук, проф.

В.И. Шустиков, д-р техн. наук, проф.

В.И. Тошинский, д-р техн. наук, проф.

Р.Д. Сытник, д-р техн. наук, проф.

В.Г. Данько, д-р техн. наук, проф.

В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.

Б.В. Клименко, д-р техн. наук, проф.

Г.Г. Жемеров, д-р техн. наук, проф.

В.Т. Долбня, д-р техн. наук, проф.

Н.Н. Александров, д-р техн. наук, проф.

П.Г. Перерва, д-р экон. наук, проф.

Н.И. Погорелов, канд. экон. наук, проф.

АДРЕС РЕДКОЛЛЕГИИ

61002, Харьков, ул. Фрунзе. 21 НТУ
«ХПИ», СМУС Тел. (057) 707-60-40

Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць.
Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях.- Харків: НТУ „ХПІ-
2010. - №17. - 144с.

В сборнике представлены теоретические и практические результаты научных исследований и разработок, которые выполнены преподавателями высшей школы, аспирантами, научными сотрудниками, специалистами различных организаций и предприятий

Для научных работников, преподавателей, аспирантов, специалистов

У збірнику представлені теоретичні та практичні результати наукових досліджень та розробок, що виконані викладачами вищої школи, аспірантами, науковими співробітниками, спеціалістами різних організацій та підприємств Для наукових співробітників, викладачів, аспірантів, спеціалістів

Друкується за рішенням Вченої ради НТУ „ХПІ”, Протокол № 3 від 06.04.2010

Національний технічний університет „ХПІ” 2010

УДК 66.045.004.14:62-72

Л. Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, д-р. техн. наук, проф., ректор, НТУ «ХПИ»,
г. Харьков

В. В. БЕРЕЗУЦКИЙ, канд. техн. наук, доцент, НТУ «ХПИ», г. Харьков

РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПРИМЕНЕНИЕ ВОДНЫХ СРЕД НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Розглядаються питання теоретичного узагальнення наукових досліджень і практичних результатів ресурс зберігаючих технологій в умовах сучасного виробництва, теорія фракційного коагулювання домішок в апаратах електрокоагуляційного очищення.

The questions of theoretical generalization of scientific researches and practical results of resource of saving technologies are examined in the conditions of modern production, theory of fractionating coagulation of admixtures in the vehicles of the electro-coagulative cleaning.

Цель – выбрать процессы регулирования показателей промышленных сред и разработать их классификацию, обосновать теоретическое и выполнить практическое решение проблемы ресурсосбережения при применении водных технологических сред на основе теории фракционированного коагулирования примесей в аппаратах электрокоагуляционной очистки

1. Требования к техническим устройствам обеспечивающих принципы ресурсосбережения применения водных технологических сред (ВТС) на производстве

На основе известных классификаций, нами предлагаются процессы и аппараты корригирования значимых показателей ресурсосбережения при применении ВТС на производстве (рис.1).

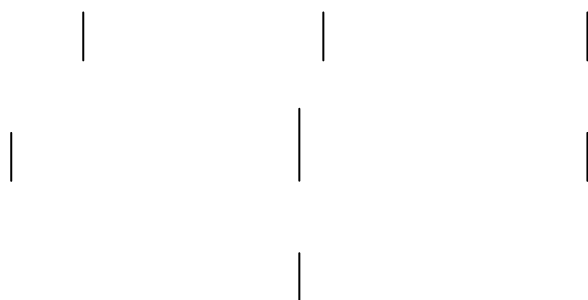


Рис. 1 Процессы и аппараты корригирования значимых показателей ресурсосбережения при применении ВТС на производстве

Представленные на схеме технологии, применяются на производствах, однако, требуют совершенствования, а, в некоторых случаях, и разработки принципиально новых [1]. Разработке и совершенствованию их будет уделено внимание далее в статье.

2. Классификация основных процессов регулирования показателей качества ВТС обеспечивающих ресурсосбережение на предприятии [2].

1. Гидромеханические процессы:

- Перемешивание потоков жидкостей (эмульсий и растворов) с помощью центробежных насосов, газа и мешалками;
- Разделение жидких сред в поле сил тяжести (отстаивание).

2. Массообменные процессы определяются процессами:

- нейтрализации и корректировки показателя рН водных сред;
- коагуляции примесей в средах гидрооксидами металлов, при выполнении процессов электрокоагуляционной очистки.

3. Химические процессы характеризуются применением реагентов для корректировки показателей рН сред, в процессах извлечения масел и ингибирования газом процесса развития бактерий. Процессы коагулирования и биохимические.

4. Биохимические процессы характеризуются активностью бактерий в водных эмульсиях и применением технологий микробиологической деструкции СОЖ.

5. При проведении технологий применяется обогрев технологических емкостей, в емкостях с микробиологическим разрушением эмульсий, и создание избыточного давления газа при ингибировании роста бактерий.

6. По способу организации химической технологии все аппараты и технологические системы подразделяются на периодические (устройства ингибирования роста бактерий, микробиологической деструкции, устройства корректировки показателя рН жидкостей) и непрерывные (электрокоагуляторы, полочные отстойники и отстойные камеры, емкости технологических линий).

7. Все устройства выполнены как стационарные и локальные, кроме передвижной установки по корригированию качества эмульсий отдельно расположенных станков и агрегатов.

3. Процесс регулирования концентрации механических примесей в водных технологических средах

Механические примеси в водных средах характеризуются их концентрацией и физико-химическими свойствами [1].

Процеживание выполняется повсеместно, для чего используются решетки, сетки и т.п. приспособления. Основное назначение – удаление грубодисперсных примесей. Основным критериальным показателем выбора вида приспособления для процеживания, это размеры частиц, которые могут, попасть и попадают в технологическую жидкость в процессе обработки металлических заготовок, а также внесенные случайно. В технологических процессах резания, широко используют стальные сетки с размером ячеек до 10^{-2} - 10^{-3} м и меньше, что позволяет улавливать стружку и различные металлические сколы.

Процесс отстаивания должен выполняться в отстойниках, функции которых на производстве выполняют, как правило, технические емкости. Назначение емкостей это: хранение растворов до их подачи в технологическую линию, приготовление новых растворов и хранение отработанных (загрязненных) растворов до их утилизации или регенерации. Тем не менее, в условиях отсутствия или ограниченности средств для приобретения специального оборудования, эти емкости выполняют роль отстойников, осветлителей, жиро- и нефтеловушек, биореакторов и т.п.

Раствор в емкости находится в равновесии под действием сил тяжести, определяемых собственным весом жидкости и давлением окружающей среды. На свободной поверхности раствора давление P_0 , а на остальной части – реакция стенок емкости [2,3]. Для элементарного объема раствора, расположенного примерно в середине емкости, можно записать основное уравнение гидростатики, при $X=0, Y=0, Z=g, :$

$$P=P_0 + \gamma h \quad (1)$$

где h – глубина погружения рассматриваемого элементарного объема, γ – удельный вес жидкости.

В рассматриваемом случае давление жидкости на прямоугольную, плоскую поверхность. Силы давления для разных уровней определяются по следующему выражению:

$$P = \frac{\gamma(h_n^2 - h_{n-1}^2)}{2 \sin \alpha} b \quad (2)$$

где h_1, h_2, \dots, h_n – глубины заложения точек на поверхности стенки, через которые проходят нормали к стенке, делящие эпюру давления на равновеликие площадки; b – ширина стенки; α – угол наклона стенки.

Исходя из формулы (2), на элементарный объем жидкости, содержащий примеси, в нижней части емкости будет испытывать максимально возможное для определенной емкости давление плюс собственный вес элементарной оседающей частички. Всплывшие на поверхность частички, будут испытывать давление P_0 . Естественно, что и в первом и во втором случае, на частицы будут оказывать воздействие силы вязкости среды и наличие других примесей. Однако, необходимо учитывать особенности осаждаемых частиц, которые образуются при применении сред типа СОЖ. В этом случае частицы, которые в обычной воде должны были бы осесть, могут очень долго находиться во взвешенном состоянии, а процесс осаждения происходит с большим отрезком времени [4-6]. При этом, оседающие масляные частицы прилипают к поверхности стенок емкости, и таким образом создают условия для накопления их на стенках емкостей и других металлических частях.

Тем не менее, эти металлосодержащие частицы, очень хорошо улавливаются магнитами, как постоянными, так и электромагнитами, что позволяет затем их эффективно отделять от раствора. Высокая стоимость постоянных магнитов, не позволяет предприятиям широко их использовать, хотя опыт показывает, что, на-

пример, эффективность работы постоянных магнитов, при их сравнительно практически незначительном обслуживании составляет до 20 и более лет.

Объемы мелкодисперсных примесей, поступающих с потоками эмульсии, на некоторых предприятиях составляют до 10 т за неделю (около 0,5 кг/м³ за 1 час). Это характерно для производств с выполнением операций шлифования поверхности металлических изделий [1]. Интенсивность перехода примесей в эмульсию разная и зависит от интенсивности технологических операций и режима работы. Принимая во внимание ламинарный характер движения потока в емкости отстойнике ($Re \approx 2$), используя закон Стокса можно определить размер частиц по выражению [2,3]:

$$D_{\max} = \sqrt[3]{36\mu/cg(c_T-c)} \quad (3)$$

где μ - вязкость эмульсии – 1061 кг/м·с;

c – плотность среды, $0,9999 * 10^3$ кг/м³;

c_T – плотность частиц, * 10^3 кг/м³ : медь - 8,89; сталь 7,7; песок – 2,4; корунд – 2,8; магний - 1,74; алюминий – 2,7; мусор – 1,3.

g - ускорение силы тяжести, 9,81 м/с².

А скорость осаждения ω_{oc} определим по следующему выражению:

$$\omega_{oc} = d^2g(c_T - c)/18\mu \quad (4)$$

Результаты расчетов приведены на рис.2 – 3.

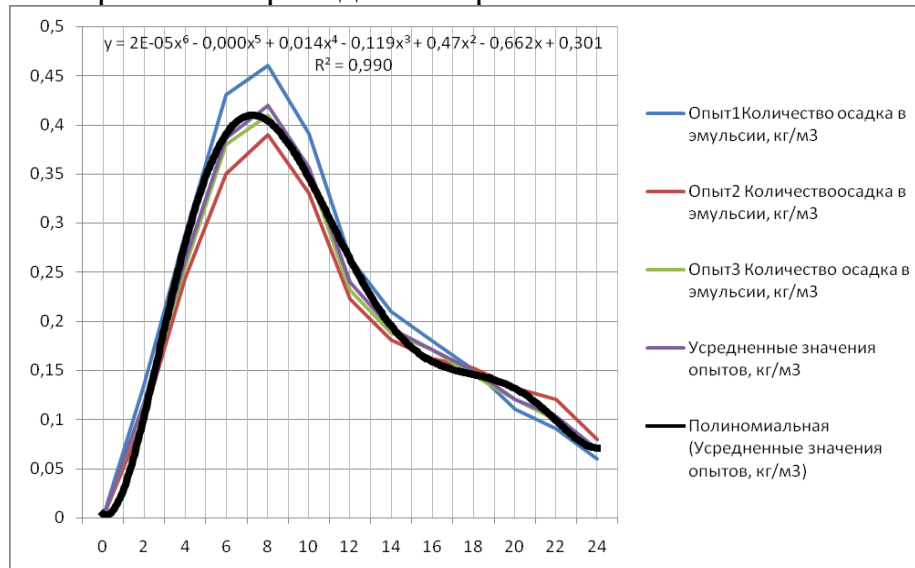


Рис.2. Результаты эксперимента по осаждению механических примесей в промышленных условиях.

Обработка результатов позволила определить кинетическую зависимость изменения скорости осаждения механических примесей, которая показана на рис.3.

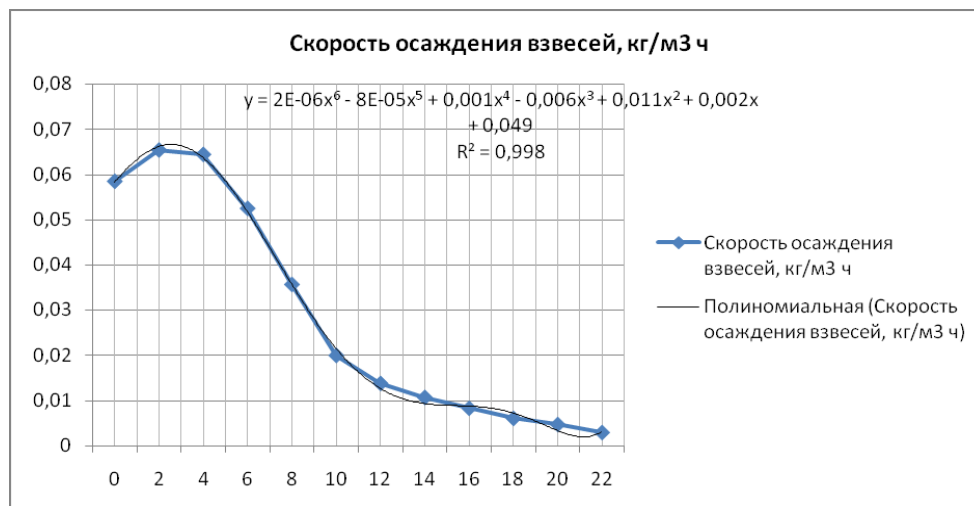


Рис. 3. Скорость осаждения примесей в промышленной эмульсии

По известной скорости потока и зная расход жидкости, можно определить геометрические размеры отстойника. Приняв расход $q_{\max} = 2 \text{ м}^3/\text{ч}$, $h_n=0,1$ можно определить ширину блока D_6 из выражения:

$$D_6 = \frac{q_{\max}}{20V_o h_n} \quad (5)$$

Приведем к одной размерности величины и подставив исходные данные в выражение (5), получим значение D_6 равное 4,4 м.

Число пластин в блоке принимаем равными 20, исходя из необходимости уменьшения ширины блока, и необходимости размещения его в емкости с определенными размерами. При таком количестве полок, длина блока L_6 будет равна:

$$L_6 = 20h_n + L_y \quad (6)$$

при условии, что угол β равен 45° , $L_y = H_6$.

Исходя из этого L_6 равна 6,4 м. Для удобства монтажа и дальнейшего обслуживания, выполняется два блока шириной $D_6=2,2$ м.

Поток жидкости поступает в камеру, образованную стенками емкости и полкой блока, размещенного в емкости. Поток опускается в нижнюю часть камеры и далее снизу поступает в блок с размещенными в нем полочными пластинами. Из этой зоны, жидкость поступает, через верхнюю часть переливом, в следующую зону. Откуда далее удаляется. Осадок, оседающий на полках, опускается в нижнюю часть по мере его накопления или смывается при очистке, в нижнюю зону расположенную над днищем емкости. Блок с полками размещается на подставках, выполненных в нижней части емкости. Сверху на блоке, выполнены крепления, для удобства его подъема и перемещения.

3. Теория фракционированного коагулирования примесей в водных технологических средах

Регулирование количества мелкодисперсных примесей растворенных в водных эмульсиях и растворах, эффективно выполняется с помощью электрохимических аппаратов. К таким аппаратам относятся электролизеры, электрокоагуляторы, электрофлотокоагуляторы и т.п. конструкции. Особенностью очистки в электрокоагуляторах является необходимость решения следующих проблем: предот-

вращения покрытия поверхности электродных пластин маслом; пассивация поверхности электродов; наличие в жидкостях ПАВ, повышающих устойчивость систем "вода - масло" и требующих повышения энергетических затрат; наличие высоких концентраций примесей, в том числе и микроорганизмов [1,4,5].

Теория фракционированного коагулирования примесей в водных технологических средах основана на результатах исследований выполненных самостоятельно, обобщении научных результатов опубликованных в научной литературе и научных прогнозов развития научной мысли в ближайшем будущем.

Основным фактором процесса коагулирования примесей, определяющим его эффективность, является их остаточное минимальное количество. Эффективность процесса коагулирования частиц примесей и коагулянта, прежде всего зависит от вероятности их контакта (столкновения), прилипания (захвата) и дальнейшего эффективного удаления из водной среды. Самым важным в этой цепочке, является первый этап, т.е. контакт частиц. Следовательно, стоит задача - разработать условия проведения процесса коагулирования в проточном аппарате. Условия процесса коагулирования должны обеспечить высокую вероятность контакта частиц. Вероятность будет определяться: концентрацией коагулянта в среде; режимом движения потока, который должен хорошо перемешиваться. С точки зрения ресурсосбережения, необходимо, чтобы количество коагулянта было оптимальным для процесса, а не превышало его в несколько раз. Далее, оно должно быть равномерно распределено по всему объему камеры коагулирования. Сложность этих процессов для проточных коагуляторов характеризуется необходимостью сочетания ламинарного спокойного течения потока жидкости, что определяется условиями процесса коагулирования, и необходимостью турбулентного сильного перемешивания, для того чтобы распределить частицы, коагулирующие и обеспечить их контакт для коагулирования.

Фракции примесей в водных технологических средах, имеют разный удельный вес и свойства. Наиболее легкие, но связанные ПАВ, это масла и нефтепродукты. К этой категории относятся также, легкие взвеси, которые сорбированы маслами или находятся во взвешенном состоянии. Более сложный процесс извлечения ионных примесей, для которых процесс коагулирования протекает в несколько этапов и с одного раза получить их эффективное извлечение не удастся.

Теория фракционированного коагулирования основана на научно обоснованном сочетании последовательно протекающих процессов, в перемещающемся потоке очищаемой водной среды, которые предусматривают активное перемешивание с последующим ламинарным течением потока, который переходит через сжимающее отверстие в следующую камеру, где все повторяется снова. И так многократно. При этом, сначала из потока извлекаются фракции масла, нефтепродуктов и легких взвесей, далее поток перемещается в другую часть аппарата и из него извлекаются фракции примесей ионного типа, т.к. они попадают в межэлектродное поле и кроме коагулирования вступают в действие процессы электролиза и окисления на поверхности электродных пластин.

Конструктивно это достигается только благодаря наличию поток-направляющих утопленных плоских перегородок с отверстиями в горизонтально расположенной камере коагулирования (реакторная камера). Далее, после того как будучи

убраны из очищаемой среды масла и нефтепродукты, которые мешают работе электродных пластин в электрокоагуляторе, поток поступает в следующую камеру, в которой выполняет функцию электролита и продолжает далее очищаться от примесей ионного вида.

Таким образом, фракционированное коагулирование это высоко эффективный процесс последовательного извлечения примесей из водных сред по фракциям, что обеспечивают гидродинамические особенности потоков, которые задаются конструктивными особенностями аппарата. Эта теория позволяет проектировать высокоэффективные малогабаритные аппараты очистки.

4. Аппарат фракционированного коагулирования примесей в водных технологических средах

Время от образования электрогенерированного коагулянта до его укрупнения и коагулирования мало по сравнению со временем полной коагуляции частиц загрязнений. Поэтому не целесообразно удалять реакторную камеру на значительное расстояние от электродов. Для увеличения эффективности процесса коагуляции необходимо выполнение условия $C_k=f(C_3)$, где C_k - концентрация электрогенерированного коагулянта в единице объема потока жидкости выходящего из отсека с электродами, кг/м³; C_3 - концентрация загрязнений в единице потока очищаемой воды, кг/м³. При решении этой задачи в проточных электрофлокоагуляторах необходимо варьировать расходом сточной воды, подаваемой на очистку и электролита, поступающего в реакторную камеру из отсека с электродами, или оставляя постоянными расходы изменять концентрацию электрогенерированного коагулянта, вырабатываемого в процессе электролиза в электродном отсеке. Необходимо при этом учитывать, что повышение концентрации коагулянта в потоке связано с увеличением затрат электроэнергии.

Существенным условием эффективности процесса является режим ввода коагулянта. На улучшение этого режима направлен процесс фракционирования реализация которого стала возможной благодаря применению перегородок, размещение в них средств перетока обрабатываемой воды в виде потоконаправляющих отверстий и щелевидного отверстия (перегородки с щелевидным отверстием) электродного отсека. Размеры перегородок соответствуют поперечным размерам реакторной камеры.

Основной расчетной величиной в перегородках являются отверстия. Влияние формы отверстия и напора на величину коэффициента расхода, не оказывает существенного влияния [2]. Учитывая то, что для тонкой перегородки коэффициент сжатия струи потока можно принять равным единице, также как и коэффициент Кориолиса (кинетической энергии) и приняв условно коэффициент сопротивления равным нулю, а также учесть то, что при этом коэффициент скорости будет равен единице, сечение потоконаправляющего отверстия (ω , м²) определяется по выражению [2]:

$$\omega = \frac{Q}{\sqrt{2 \cdot g \cdot H_C}} \quad (7)$$

где Q - расход жидкости, $\text{м}^3/\text{ч}$; H_c - высота столба жидкости над отверстием, м ; g - ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$.

Одновременно с выполнением фракционирующих функций перегородки задерживают на поверхности жидкости пену, которая затем отводится в пеноотводящий желоб. Выполнение отверстий в перегородках позволяет изменить направление потока жидкости удлиняя при этом его путь и заставляя поток перемещаясь по реакторной камере жидкости несколько раз пересекать газо- коагуляционную "стенку", образованную выходящим из электродного отсека потоком электролита. Эта "стенка" выполняет функции отсекающего загрязнения устройства и задерживает скоагулировавшиеся комплексы. Число перегородок определяется производительностью устройства. Каждый раз, когда пересекается "стенка" очищаемым потоком, из него извлекается часть загрязнений (фракций). Каждый из отсеков формирует объем обрабатываемой воды за отрезок времени равный 0,5 часа, что соответствует времени быстрого коагулирования. Исходя из этого объем одного отсека W_1 :

$$W_1 = Q t, \quad (8)$$

где t - среднее время осаждения скоагулированных частиц, ч (в нашем случае оно равно 0,5 ч). Следовательно, при расходе (Q) равном $1 \text{ м}^3/\text{ч}$ объем одного отсека необходимо выполнять равным $0,5 \text{ м}^3$.

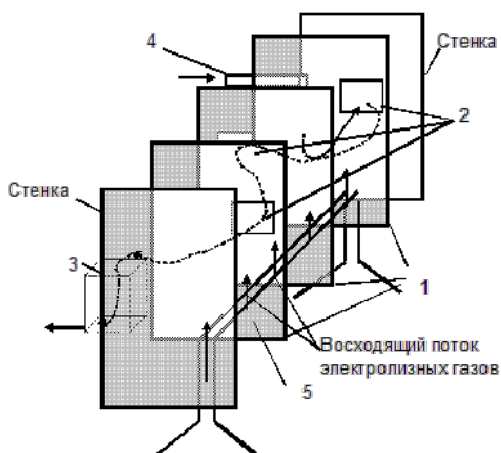


Рис.4 Схема перегородок в аппарате фракционированного коагулирования

1 - перегородки; 2 – потоко - направляющие отверстия; 3 - карман отвода очищенной воды; 4 - патрубок подачи воды на очистку; 5 - щелевидный канал.

Основными показателями процесса электро-коагуляции являются анодное растворение металлов, электролизные газы (H_2, O_2), электролизный ток, электрическое поле, вероятность контакта взаимодействующих частиц. Практически все разработчики подобных аппаратов сосредоточили основное внимание на максимальную реализацию первых двух показателей, а именно- анодное растворение металлических пластин (электродов) и получение максимального количества электролизных газов. Учитывая то, что эти процессы практически дополняют друг друга, условно можно их назвать одностадийными. В одностадийной схеме, реализуются свойства анодо-растворенного металла (АРМ) и электролизных газов (ЭГ). Результатирующими показателями этих процессов являются электрокоагуляция (коагуляция) и электрофлотация (флотация) рис.5, поз. а. Развивая далее идею полной реализации сопутствующих процессу электролиза факторов, была предложена двухстадийная схема работы аппарата. В двухстадийной схеме более полно реализуются, кроме указанных в одностадийной схеме (АРМ) и (ЭГ), электролизный ток (ЭТ), электрическое поле (ЭП) и увеличивается вероятность контакта взаимодействующих части. Входная и выходная камеры (ВК) способ-

ствуют циркуляции потока жидкости в аппарате и одновременно являются успокоительными камерами рис.5, поз. б, в.

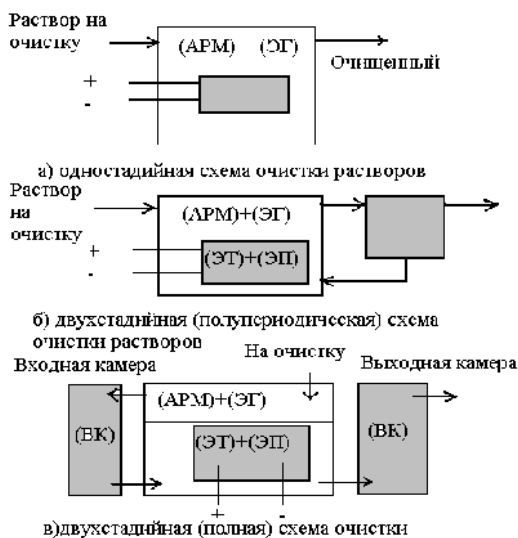


Рис. 5 Методология очистки водных сред в аппаратах фракционированного коагулирования

Следуя далее предложенному подходу можно предположить создание таких конструкций аппаратов, которые позволят реализовать выше указанные параметры, определяющие эффективность электрохимической очистки, что позволит повысить эффективность процесса и значительно уменьшить размеры очистных аппаратов [7,8].

Универсальность аппаратов фракционированного коагулирования есть еще одно из преимуществ, которого удастся достигнуть, применяя выше указанные схемы. Универсальность означает то, что эти аппараты могут удалять из всех известных водных технологических сред примеси совершенно разной дисперсности и свойств.

Вывод: в результате теоретического обобщения научных исследований и практических результатов, полученных экспериментальным путем и апробированных в промышленных условиях, разработана теория фракционированного коагулирования примесей различной дисперсности и свойств, с последующим их извлечением из водных технологических сред с помощью аппаратов электрокоагуляционной очистки, которая обеспечивает выполнение ресурсосберегающих технологий в условиях современного производства.

Список литературы: 1. Березуцкий В.В. Обеспечение безопасности при применении водных технологических эмульсий и растворов на производствах в металлообрабатывающих технологиях: [монография]/В.В.Березуцкий . – Харьков: Факт, 2009. – 400 с.; 2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1971- 784 с.; 3. Богомолов А.И. Примеры гидравлических расчетов. - М.: Транспорт, 1977.- С.92-97.; 4. Березуцкий В.В. Технологическая безопасность маслоэмульсионных вод: Монография. – Харьков.:ХГПУ. – 1998. – 279 с.; 5. Березуцкий В.В. Екологічні аспекти застосування мастильно-охолодних рідин. – К.: ІЗМН, 1996. – 164 с.; 6. Березуцкий В.В. Управление качеством водных технологических растворов. Проблемы машиностроения – Т.6, №4, 2003 – С.95-100; 7.. Березуцкий В.В. Аппарат для электрохимической очистки сточных вод Пат. №1691319 Российской федерации. МКИ СО2 F 1/463, №4452193/26; Заявл. 04.07.88; Опубл.15.11.91 Бюл. №42; 8. Березуцкий В.В., Максименко О.А. Апарат електрохімічного очищення стічних вод. Патент на корисну модель №17651. Заявл. 07.03.2006 р. Надрук. 16.10.2006. Бюл. № 10.2006

Поступила в редколлегию 05.03.2010

УДК 612.014.45

Н.Б. ВОЛНЕНКО, докт. мед. наук, профессор ХНАДУ
О.І. БОГАТОВ, канд. техн. наук, доцент, ХНАДУ
В.М. ЛИТВИНЕНКО, ст. викладач ХНАДУ

Ю.В. КУЛЯВЕЦЬ, канд. техн. наук, доцент, ХНАДУ

ВПЛИВ ШУМУ НА ОРГАНІЗМ ПРАЦІВНИКІВ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Робота присвячена вивченню впливу шуму на організм працівників при будівництві та експлуатації автомобільних доріг. Показано, що у більшості дорожньо-будівельних машин рівень шуму перевищує гранично допустимі нормативи, що приводить до значного зниження слуху працівників. Шум надає як місцеву негативну дію, так і загальну дію, що приводить до порушення функції серцево-судинної та нервової систем. Виходячи з цього, показане суворо дотримуватись частоти та якості медичних оглядів працівників, які працюють на будівництві та при експлуатації автомобільних шляхів.

The article devoted to influence noise study on the worker organism during building and exploiting of a motor road. The article presents level of the noise of a most road building machine exceeds permissible standard that lead to considerable hearing impairment of workers. Noise bring as to local negative action as to common action that result to dysfunction of a cardiovascular system and nervous system. Hence hardly require frequency and quality of a medical inspection of worker, that work on the building and exploiting of a motor road.

Взаємодія автомобільної дороги з навколишнім природним середовищем є дуже складним, оскільки окрім самої дороги як комплексу інженерних споруд з навколишнім середовищем взаємодіють дорожньо-будівельні машини, автомобілі транспортного потоку, водії, які знаходяться в них. Таким чином, у взаємодію вступають біологічна, соціальна і технічна системи, які утворюють техноекологічну систему «автомобільна дорога – навколишнє середовище». Нормальна життєдіяльність людини багато в чому залежить від умов зовнішнього навколишнього середовища і, зокрема, виробничого. В процесі трудової діяльності, стосовно будівництва і експлуатації автомобільних доріг, на організм людини впливає безліч несприятливих чинників, які безпосередньо або побічно впливають на здоров'я і працездатність працівників. Дія шкідливих виробничих чинників на людину виявляється в погіршенні здоров'я, отруєнні, виникненні професійних захворювань, а в деяких випадках – скороченням життя працівників. Серед шкідливих виробничих чинників, що впливають на людину при будівництві і експлуатації автомобільних доріг, слід виділити:

- токсичну і дратівливу дію вихлопних газів, пару палива і масел;
- підвищену запиленість повітря в робочій зоні;
- підвищений рівень шуму і вібрації в робочій зоні;
- підвищену (знижену) температуру повітря;
- підвищену (знижену) вологість і рухливість (протяги) повітря;
- фізичні і нервово-психічні перевантаження і так далі.

Шумове забруднення останнім часом стало однією з основних соціальних і гігієнічних проблем. Будівництво автомобільних доріг є джерелом інтенсивного шуму, що представляє небезпеку для здоров'я як людей, що працюють на будівництві дороги, так і населення прилеглих до будівництва районів. Дія шуму на організм людини пов'язана, головним чином, із застосуванням нового, високопродуктивного устаткування, з механізацією і автоматизацією виробничих процесів.

Джерелами шуму можуть бути двигуни дорожньо-будівельних машин, насоси, компресори, пневматичні і електричні інструменти, мелені, дробарки, центрифуги. і так далі.

Шум - один з найбільш поширених несприятливих фізичних чинників навколишнього середовища, що набувають важливого соціально-гігієнічного значення відносно здоров'я осіб, що працюють на будівництві дорог. Для гігієнічної оцінки шум поділяють:

- за характером
- за спектральним складом (низькочастотний, середньочастотний, високочастотний)
- за часовими характеристиками (постійний, непостійний, переривистий, імпульсний).

Довгий час вплив шуму на організм людини спеціально не вивчався, хоча вже в стародавні часи знали про його шкоду для людини: у античних містах, наприклад, вводилися правила обмеження шуму. В даний час доведено, що шум наносить відчутну шкоду здоров'ю людини.

Рівень шуму, що іде від окремих автомобілів, залежить від потужності, режиму роботи і стану двигуна, технічного стану автомобіля, взаємодії шин з дорожнім покриттям, виду шин, стану покриття і так далі. Шум від автомобільного транспорту і дорожньо-будівельних машин в часі змінюється в значних межах, з дуже широким спектром частот, є широкосмуговим і непостійним, оцінюється в еквівалентних рівнях звуку (L_A екв), що розраховуються по зміряних окремих рівнях звуку, в децибелах. Еквівалентний рівень звуку вимірюється в так званих децибелах А (дБА).

В даний час здійснюється нормування транспортних шумів. Розроблені міжнародні норми, що визначають рівні шуму при роботі на автотранспорті і дорожньо-будівельних машинах. На постійних робочих місцях (у кабінах автотранспортних засобів і дорожньо-будівельних машин) допустимі рівні шуму регламентуються ГОСТ 12.1.003.83 ССБТ «Шум. Загальні вимоги безпеки» і СН 2.2.4/2.1.8.562—96. У зарубіжних країнах прийнята норма зовнішнього шуму, вимірюваного на відстані 7м від дорожньо-будівельної машини, що не перевищує 75 дБА.

Людина без особливих наслідків може переносити тривалий шум рівнем до 40 дБА; при підвищенні шуму понад 60 дБА відбувається зниження швидкості перенесення інформації, розумової працездатності, гранично припустимий еквівалентний рівень шуму не повинен перевищувати 85 дБА. Для нормування постійних шумів застосовують припустимі рівні звукового тиску в дев'яти октавних смугах частот залежно від виду виробничої діяльності. Для тонального або імпульсного шуму допустимий рівень звуку має бути на 5 дБ менше нормативних значень. Слід зазначити, що робота на цілому ряді дорожньо-будівельних машин пов'язана з постійною дією шуму вище за нормативні величини. Так, при роботі бульдозера ДЗ-118 рівень шуму складає 105 дБА, скрепера «Нансон» (США) -107 дБА, мотопил («Тайга», «Дружба» і так далі) - близько 110 дБА.

Загальний рівень шуму автотранспортних засобів значний. При будівництві дорог найбільш значущий шум створюється при роботі сваєбійного устаткування (дизельні і вібромолоти), пневматичних відбійних молотків, бульдозерів, скрепе-

рів, деяких марок автогрейдерів, катків, мотопил, екскаваторів і ін. Особливо великий шум може виникати при спільній роботі де-кількох дорожньо-будівельних машин, так, при віброущільненні бетону на віброплощадках шум перевищує норму на 20 – 25 дБА у всіх діапазонах частот.

При дослідженні впливу шуму на організм людини основну увагу приділяють стану органа слуху, оскільки слуховий аналізатор насамперед сприймає звукові коливання і ураження його є адекватним дії шуму на організм. В той же час, сприйняття звукових коливань може здійснюватися через шкірні покриви рецепторами вібраційної чутливості. За допомогою слухового аналізатора людина отримує до 10% всієї інформації, що поступає в організм. Вплив звукових сигналів на слуховий аналізатор визначається рівнем звукового тиску, а інтенсивність звуку визначається щільністю потоку звукової енергії (щільність потужності). Для характеристики величин, які визначають сприйняття звуку, істотними є не стільки абсолютні величини інтенсивності звуку і звукового тиску, скільки їх відношення до порогових значень.

Розрізняють наступні види дії шуму на людину:

- дратівливу дію (шумові сплески, змінна акустична дія у поєднанні з шумом постійного рівня і гучні звуки);
- дію шуму на характер ухвалюваних рішень (що є важливим, наприклад, для водіїв в умовах швидкої зміни обстановки в умовах руху в місті);
- дія шуму на увагу;
- зниження самовладання.

Несприятлива дія шуму пов'язана з тривалим і надмірним роздратуванням нервових закінчень слухового нерва (n. acusticus – VIII пари черепно-мозкових нервів). При надмірних по інтенсивності високочастотних шумах, якщо не проводити захисні заходи, можливе ураження не лише нервових закінчень, але і кісткової структури равлика, структур середнього вуха. Є думка, що в механізмі дії шуму на орган слуху істотну роль відіграє перенапруження гальмівного процесу, яке за відсутності достатнього відпочинку приводить до виснаження звукосприймального апарату і переродження клітин, що входять до його складу. Деякі автори схильні вважати, що тривала дія шуму викликає стійкі порушення в системі кровопостачання внутрішнього вуха, які і є безпосередньою причиною подальших змін у лабіринтовій рідині і дегенеративних процесів в чутливих елементах спірального органу.

Виробничий шум різної інтенсивності і спектру, тривало впливаючи на організм тих, що працюють, може привести до пониження гостроти слуху у останніх, а інколи і до розвитку професійної глухоти. Професійне зниження слуху зазвичай буває двостороннім. Стійке зниження слуху унаслідок дії шуму, як правило, розвивається повільно. Нерідко їм передують адаптація до шуму, яка характеризується нестійким зниженням слуху, що виникає безпосередньо після дії шуму і зникаючим незабаром після припинення його дії. Адаптація до шуму розглядається як захисна реакція слухового аналізатора на акустичний подразник, при цьому стомлення є передпатологічним станом, який у відсутність тривалого відпочинку може привести до стійкого зниження слуху. Початкові прояви професійної туговухості найчастіше зустрічаються у осіб із стажем роботи в умовах шуму близько 5

років. Встановлено, що чим вище частотний склад шумів, чим вище їх інтенсивність і тривалість, тим вони надають несприятливішу дію на слух, швидше приводять до часткової або повної втрати слуху. Розвитку початкових стадій професійного зниження слуху можуть передувати відчуття дзвону або шуму у вухах, запаморочення, головний біль (сприйняття розмовної і шепітної мови в цей період не порушується). У міру прогресу патологічного процесу підвищується поріг сприйняття середніх, а потім і низьких частот. Сприйняття шепітної мови знижується при більш виражених стадіях професійного зниження слуху, переходних в тугоухість.

Ризик втрати слуху у тих, що працюють при десятирічній тривалості дії шуму складає 10% при рівні шуму 90 дБА, 29% - при 100 дБА, 55% - при 110 дБА.

Показано також, що у осіб, що піддавалися дії технічного шуму, ризик виникнення акустичної невроми (доброякісної пухлині, що приводить до втрати слуху) підвищений в 1,8 разу. В той же час, при використанні захисту для слуху ризик виникнення акустичної невроми не вищий, ніж у людей, що не піддаються дії шуму.

Окрім місцевої дії шум надає і загальну дію на організм тих, що працюють. Шум є зовнішнім подразником, який сприймається і аналізується корою головного мозку, внаслідок чого при інтенсивній і тривалій дії шуму настає перенапруження центральної нервової системи, що розповсюджуються не лише на специфічні центри слуху, але і на інші відділи головного мозку. Це приводить до порушення координуючої діяльності центральної нервової системи, що, у свою чергу, приводить до розладу функцій різних внутрішніх органів і систем організму. Шум володіє кумулятивним ефектом, тобто акустичні роздратування, накопичуючись в організмі, все сильніше пригноблюють нервову систему. Ступінь впливу шуму залежить від його інтенсивності і тривалості дії, стани центральної нервової системи і що дуже важливе, від індивідуальної чутливості організму до акустичного подразника. Особливо чутливі до шуму жіночий організм. Висока індивідуальна чутливість може бути однією з причин підвищеної стомлюваності і розвитку неврозів.

Шум може викликати функціональні розлади серцево-судинної системи, робити шкідливий вплив на вестибулярний і зоровий аналізатори, знижувати рефлекторну діяльність, що може привести до травматизму працівників. При тривалій дії інтенсивного транспортного шуму рівнем 80 – 95дБА порушуються функції серцево-судинної системи (відбувається зменшення числа серцевих скорочень, уповільнення внутрішньошлуночкової або предсердно-шлуночкової провідності, зменшується кровопостачання головного мозку). Встановлено, що хронічна дія високих рівнів шуму може розглядатися як чинник, сприяючий зростанню захворюваності гіпертонічною хворобою. Функціональні порушення нервової і серцево-судинної систем розвиваються переважно за типом астенічних реакцій і астено-вегетативного синдрому; вказані зміни нерідко виникають за відсутності виражених ознак ураження слуху. Характер і ступінь змін серцево-судинної і нервової систем в значній мірі залежать від інтенсивності шуму. У осіб, що працюють в умовах інтенсивнішого шуму, спостерігається зниження шкіряно-судинної реактивності: пригноблюється реакція дермографізму, пилоромоторний рефлекс і ін.

Зміни нервової і серцево-судинної систем у осіб, що працюють в умовах шуму, є неспецифічною реакцією організму на дію багатьох подразників. Частота і вираженість їх багато в чому залежить від наявності інших супутніх негативних чинників зовнішньої середовища (наприклад, вібрація, психо-емоціональне перенапруження). Нечутні звуки також можуть надавати шкідливу дію на здоров'ї людини. Так, інфразвуки роблять особливий вплив на психічну сферу людини: приголомшуються всі види інтелектуальної діяльності, погіршується настрій, з'являється відчуття тривоги, страху. При дії інфразвуку на організм з рівнем від 110 до 150 дБ можуть виникати неприємні суб'єктивні відчуття і функціональні зміни: порушення в центральній нервовій системі, серцево-судинній і дихальній системах, вестибулярному аналізаторі. Відмічені скарги на головні болі, запаморочення, відчутні рухи барабанних перетинок, дзвін у вухах і голові, зниження уваги і працездатності; може з'явитися відчуття страху, порушення рівноваги, сонливість, утруднення мови

Встановлений аддитивний ефект дії інфразвуку і низькочастотного шуму. Треба відзначити, що виробничий шум і вібрація надають агресивнішу дію, ніж інфразвук зіставних параметрів. Гігієнічна регламентація інфразвуку проводиться по ДСН 3.3.6.037-99 (Постанова вид 01.12.99 №37), які задають гранично допустимі рівні звукового тиску на робочих місцях, диференційовані для різних видів робіт

Ультразвуки, що займають помітне місце в загальній гаммі виробничих шумів, також небезпечні. Контактна дія високочастотного ультразвуку на руки приводить до порушення капілярного кровообігу в гронах рук, зниженню больової чутливості, змінам кісткової структури з розрідженням щільності кісткової тканини. Гігієнічні нормативи ультразвуку визначені ГОСТ 12.1.001— 89 і ДСН 3.3.6.037-99 (Постанова вид 01.12.99 №37). Гігієнічною характеристикою повітряного ультразвуку на робочих місцях є рівні звукового тиску в 1/3 октавних смугах з середнегеометричними частотами від 12,5 до 100 кГц. На частоті 12,5 кГц рівні звукового тиску не повинні перевищувати 80 дБ, на частоті 16 кГц — 80 (допустимо за погодженням 90) дБ, 20 кГц — 100 дБ, 25 кГц — 105 дБ, а в діапазоні частот 31,5...100 кГц — 110 дБ. Коли робітники піддаються сумісній дії повітряного і контактного ультразвуку, допустимі рівні контактного ультразвуку слід приймати на 5 дБ менше.

Медичними протипоказаннями до допуску на роботу, пов'язану з дією інтенсивного шуму, є наступні захворювання:

- стійке зниження слуху будь-якої етіології, хоч би на одне вухо;
- отосклероз і інші хронічні захворювання вуха зі свідомо несприятливим прогнозом;
- виражена вегетативна дисфункція;
- гіпертонічна хвороба (всі форми);
- порушення функції вестибулярного апарату будь-якої етіології;
- наявність соціальних чинників: наркоманія, токсикоманія, хронічний алкоголізм.

Терміни періодичних медичних оглядів встановлюються залежно від інтенсивності шуму і винні проводиться з участю отоларинголога, невропатолога і терапевта:

- при інтенсивності шуму від 81 до 99 дБА — 1 раз на 2 роки;
- при інтенсивності шуму 100 дБА і вище — 1 раз на рік.

Перший огляд проводиться отоларингологом через 6 місяців після попереднього медичного огляду, проведеного при прийомі на роботу, пов'язану з дією шуму на організм людини.

Таким чином, в умовах будівництва і експлуатації автомобільних доріг чоловік стикається з одним з найбільш поширених несприятливих фізичних чинників навколишнього середовища - шумом, що набуває важливого соціально-гігієнічного значення відносно здоров'я осіб, що працюють на будівництві дорогих. Шум надає як місцевий негативний вплив на здоров'ї людини, що виражається в зниженні слуху аж до повної втрати останнього, так і загальна дія, що виявляється ураженням серцево-судинною і центральною нервовою систем. Виходячи з цього, необхідно строго дотримуватися частоти, що рекомендується, і якості медичного обстеження працівників, задіяних при будівництві і експлуатації автомобільних доріг.

Список літератури: 1. Артемонова В.Г., Шаталов Н.Н. Профессиональные болезни // М., «Медицина», 1996. – 567с. 2. Цибульник О.В. Стан безпеки праці та виробничого травматизму в Україні за 2000 рік // Інформаційний бюлетень з охорони праці. – 2001, №1. – с. 8 – 15. 3. Величко И.В., Величко В.И. Гигиена и безопасность труда на тракторах и автомобилях в сельском хозяйстве. Учебное пособие.// Львов: «Афиша», 2001.- 200с. 5. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. Введен 01.07.84. 5. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвук та інфразвук ДСН 3.3.6.037-99, Постанова вид 01.12.99, №37. 6. Безопасность производственных процессов: Справочник / Под редакцией С.В.Белова.- М.: Машиностроение, 1985.- 448с. 7. Закон України „Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності” від 23 вересня 1999 року № 1105-XIV зі змінами та доповненнями від 21 грудня 2000 року № 2180.

Надійшло у редколегію 8.03.2010

УДК 574 +665.765

Н.Л. БЕРЕЗУЦКАЯ, канд. техн. наук, ст. преп. каф. ОТ ХНУРЕ, г. Харьков

ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

У статті надається оцінка негативного впливу мастильно - охолоджувальних рідин (МОР) на навколишнє середовище. Дається визначення екологічної небезпеки МОР методом біотестування на дафніях. Також для проведення аналізу, який порівнює вплив скидання забруднюючих речовин в різних областях України, наводиться формула розрахунку загального показника скидання.

In the article the estimation of the negative influencing is given lubricating - cool liquids (PESTILENCE) on an environment. Also for conducting of analysis which compares influencing of upcast of contaminating matters in the different areas of Ukraine, the formula of calculation of general index of upcast is pointed.

Актуальность работы

Ежегодно в биосферу попадает около 6 млн. т. нефтепродуктов, из них более половины приходится на отработанные смазочные материалы. Мировое производство смазочных материалов составило около 40 млн. т/год [1].

Современную экологическую ситуацию в Украине можно охарактеризовать как кризисную, которая сформировалась в течение длительного периода в результате пренебрежения объективными законами развития и воссоздания природно-ресурсного комплекса Украины. Исключительной особенностью экологической ситуации Украины является то, что экологически острые локальные ситуации углубляются региональными кризисами. Главными причинами, которые привели к современному состоянию окружающей среды, являются: устаревшая технология производства и оборудования, высокая энергоемкость и материалоемкость; высокий уровень концентрации промышленных объектов; неблагоприятная структура промышленного производства с высокой концентрацией экологически опасных производств; отсутствие надлежащих природоохранных систем (очистных сооружений, оборотных систем водоснабжения и т.п.). Ежегодно в Азовское море от разных промышленных и коммунальных предприятий городов поступает около 2,5 млрд.м³ сточных вод, в том числе 3,5 % без очистки [2]. Это приводит к негативным последствиям, которые сопровождаются выведением из строя городских очистных сооружений, загрязнением поверхностного слоя почвы (плодородность таких почв восстановить впоследствии невозможно), уничтожением флоры и фауны прудов и водоемов.

Основными вредными и экологически опасными факторами СОЖ являются: высокие концентрации: микроорганизмов; масел; поверхностно-активных веществ; различных механических примесей, в виде металлических грубодисперсных фракций, грязь и др., токсичных газообразных и растворенных соединений.

Для выхода из сложившейся ситуации фирмы-разработчики СОЖ предлагают СОЖ нового поколения, в которых используются химические средства защиты от биоповреждения и, тем самым, уменьшения их воздействия на окружающую среду. Основной тенденцией отечественных и зарубежных исследований является увеличение роли синтетических и полусинтетических составов, обладающих повышенной биостойкостью, не содержащих экологически опасных компонентов и удовлетворяющих современным требованиям к физико-химическим и эксплуатационным свойствам, в том числе и в условиях длительного непрерывного автоматического производства.

Применение химических веществ, для повышения биостойкости СОЖ подавляет развитие микроорганизмов, но, согласно действию закона о физико-химическом единстве живого вещества (Закон В.И. Вернадского), может отрицательно влиять и на другие биологические объекты окружающей среды при сбросах отработанных СОЖ. Согласно закону академика В.И. Вернадского «все живое вещество Земли физико-химически едино». Поэтому любые физико-химические агенты смертельные для одних организмов, не могут не оказывать вредное влияние на другие организмы. Вся разница состоит лишь в степени устойчивости вида к агенту [3].

Цель работы.

Необходимость данной работы необходима для уменьшения риска негативного влияния СОЖ на окружающую среду, а также для разработки новых и совершенствования существующих средств очистки масло эмульсионных сточных вод.

Основная часть

Прежде чем давать оценку негативного влияния смазочно охлаждающих жидкостей (СОЖ) на окружающую среду, необходимо было определить экологическую опасность смазочно-охлаждающих жидкостей методом биотестирования на дафниях

1 Определение экологической опасности смазочно-охлаждающих жидкостей методом биотестирования на дафниях

Экологическая опасность СОЖ определяется по величине их токсичного воздействия на природу. Величину токсичности и последствия сброса их в водоем и на биологические очистные сооружения, без предварительной очистки, предлагается оценивать по реакции живых организмов (гидробионтов).

В лабораторных условиях были исследованы СОЖ типа „Тенол ПЛ-2АС“ (№1), эмульсол ЕГТ (№2), Аквол-6 (3), которые были отобраны непосредственно из рабочего технологического оборудования процесса обработки металлических деталей. Показатели СОЖ, отобранных для эксперимента, приведены в табл. 1.

После отстаивания в течение 24 часов осадок составляет от 5 до 7 % объема СОЖ. Коррозия металла для всех трех исследуемых СОЖ отсутствовала.

Таблица 3.1. Показатели СОЖ отобранных для проведения эксперимента

№	Тип СОЖ	Наименование показателей				
		Цвет	Запах балл	Взвешенные вещества с размером более 10 ⁻³ м	Масло на поверхности	рН
1	Тенол ПЛ-2АС	Светло-коричневый, (серый оттенок)	1-2	Отсутствуют	Отсутствует	8
2	Эмульсол ЕГТ	Светло-коричневый (серый оттенок)	2-3	Отсутствуют	Отсутствует	8
3	Аквол-6	Светло-коричневый	2-3	Отсутствуют	Отсутствует	8

Исследования СОЖ выполнялись в соответствии с РД 211.1.7.049-96 [4]. Методика исследования построена на биотестировании с помощью *Daphnia magna* Straus (дафнии) (глава 2). В соответствие с методикой, был сделан отбор тест - объекта - дафний в возрасте до 24 часов. Методика биотестирования основывается на установлении разницы между количеством погибших дафний в водном анализируемом растворе и воде, не содержащей СОЖ (контрольная проба). Критерием острой летальной токсичности водных растворов является гибель 50 и более процентов дафний в опыте сравнительно с контролем при длительности биотестирования до 96 часов.

На основании результатов опытов определялось среднее арифметическое значение погибших дафний в опыте (%).

В ходе эксперимента было установлено, что одной из основных причин гибели и угнетения жизненной активности дафний является образование масляной пленки на поверхности рассматриваемых СОЖ после разбавления. Во многих случаях, при разбавлении в 100-300 раз, в первые сутки дафнии жизнеспособны и ак-

тивны, однако с течением времени, при отстаивании, на поверхности образуется масляная пленка, и они начинают гибнуть. Пленка на поверхности образуется из-за наличия в СОЖ поверхностно-активных веществ и масел. Даже если эмульсия по составу не содержит масла, то при ее эксплуатации, через некоторое время они в ней появляются, попадая из технологического оборудования и систем трубопроводов [5].

Полученные результаты исследований были проанализированы на достоверность с помощью F критерия и оценки дисперсий. Полученные значения биотестирования СОЖ были представлены в виде графических зависимостей с помощью программы Excel 2003. Кривые линии были аппроксимированы с помощью трендов и получены их математические зависимости в логарифмической форме. Отклонения были проанализированы в виде R^2 и показали хороший результат, который представлен на графике (рис. 1).

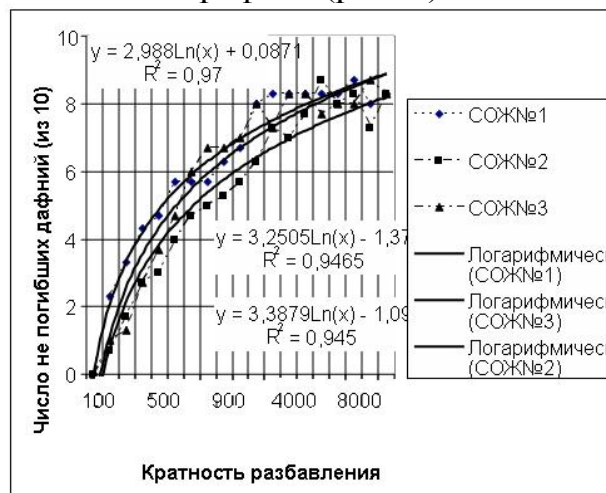


Рис. 1 Зависимость числа погибших дафний от кратности разбавления СОЖ.

По результатам эксперимента по биотестированию СОЖ можно сделать следующие выводы:

1. Уменьшение риска негативного влияния СОЖ на окружающую среду может быть достигнуто путем создания и внедрения на производстве экологически безопасных СОЖ и разработкой новейших средств очистки масло эмульсионных сточных вод, что является наиболее выполнимым в ближайшее время и нуждается в меньших затратах на создание технологии;

2. Разработка и совершенствование средств очистки масло эмульсионных сточных вод должны основываться на оценке степени экологической опасности СОЖ;

3. Оценка экологической опасности СОЖ должна учитывать не только анализ ведущих компонентов смеси по нормативам ПДК, но и результаты натуральных исследований токсичности и других отдаленных эффектов влияния на живые составляющие окружающей природной среды.

2 Анализ опасности СОЖ для природы в Украине

Машиностроительный и металлургический комплексы Украины являются основными в использовании СОЖ в технологических операциях на производстве.

В настоящее время в Украине работают 2676 предприятий машиностроения и металлообработки [6] (без учета предприятий мед. техники), на которых используется в среднем 267600 м³ СОЖ (показатель усредненный и примерный, так как ни одно предприятие не предоставляет истинных объемов СОЖ, которые используют). В результате проведенного биотестирования (экспериментальных исследований) усредненный показатель допустимой степени разбавления, рассматриваемых СОЖ перед сбросом их в окружающую среду, можно принять равным более 700. Общее количество чистой воды необходимое для разбавления образовавшейся СОЖ до безопасного состояния составит $267600 \times 700 = 187320000$ м³, экономические затраты составят 6 млрд. 22 млн. грн. или \$124.380480 млн. Согласно [7] потребление чистой воды всей промышленностью составляет 4768 млн. м³.

Такое количество чистой воды для разбавления СОЖ использовать просто нереально, поэтому идет нелегальный сброс неочищенных СОЖ, что вносит свой вклад в увеличение заболеваемости и смертности населения (Приложение Н).

По данным экологического атласа, водные ресурсы Харьковской области по средним многолетним показателям составляют 3,41 км³/год, из них местные - 1,66 км³/год. В маловодные годы этот показатель уменьшается в двое. По обеспечению водой Харьковская область занимает 24 место среди областей Украины. Водоснабжение населения области местными водными ресурсами имеет уровень чрезвычайно низкий (<1 тыс. м³ на 1 человека). Одновременно с этим значительное число промышленных предприятий работают используя питьевую воду для технологических процессов.

Значительной проблемой для г. Харькова является загрязнение подземных вод верхнемелового водоносного горизонта, запасы которого в объеме около 50 тыс. м³/сутки уже не могут быть использованы в хозяйственно-питьевом водоснабжении. Учитывая тот факт, что практически все предприятия, использующие СОЖ на производстве, не имеют для них очистных или других систем, то понятно, что эти предприятия могут быть источником загрязнения подземных вод города и области.

Ежегодно предприятиями Харьковской области (по данным статистической отчетности по форме 2-ТП (водхоз)), в 2003 г. было взято из всех источников водоснабжения 485,4 млн. м³ свежей воды. По данным, взятым из Интернета с государственных сайтов, в Харьковской области находится 317 предприятий, которые используют СОЖ в технологических процессах [8]. По приведенному выше алгоритму расчета, приняв среднее количество СОЖ за год 100 м³, можно определить, что эти предприятия используют в год до 31700 м³ питьевой воды, а на их разбавление, делающее их экологически безопасными, необходимо 21,19 млн. м³ чистой воды. Основное использование воды хозяйственно питьевое – 185 млн. м³ воды в год и промышленное водопользование – 70,3 млн. м³. Следовательно, на разбавление до безопасного состояния для сброса, необходимо более 30% от всего объема воды используемого на предприятиях области. В условиях чрезвычайно низкого обеспечения водой региона, такое огромное количество воды использовать для разбавления представляет не только экономическую, а и экологическую опасность.

Для проведения сравнительного анализа влияния сброса загрязняющих веществ по административно-территориальными единицам и отдельным хозяйственным объектам Харьковской области используют обобщенный показатель сброса (ОПС) [9]. ОПС вычисляется по формуле 1:

$$ОПС = \max_j \sum_{i=1}^{n_j} \frac{m_i}{ПДК_i} \quad (1)$$

где $j = 1, \dots, 5$ - группы веществ с одинаковым лимитирующим показателем вредности; m_i - количество в сбросе i -го загрязняющего вещества; $ПДК_i$ - предельно допустимая концентрация (ПДК) i -го загрязняющего вещества для водных объектов рыбохозяйственного использования. ОПС является комплексным показателем, который удобно применять для сравнительного анализа объемов влияния разных водопользователей на поверхностные водные объекты. По своему физическому содержанию ОПС показывает, какое количество чистой (дистиллированной) воды необходимо потратить для разбавления сброса всех загрязняющих веществ до безопасной (предельно допустимой) концентрации с учетом синергизма разных загрязняющих веществ с одинаковым вредным действием, без учета процессов самоочистки. Этот показатель нами был практически получен при проведении эксперимента с биотестированием.

В табл. 5 выделены те вещества и показатели, которые характерны для технологических растворов типа СОЖ.

Таблица 3.5 . Перечень загрязняющих веществ, сбрасываемых в поверхностные воды в Харьковской области в 2003 году, с учетом их использования в СОЖ

№	Загрязняющее вещество	Суммарный сброс по ОПС 5 тыс. м ³	СОЖ
1	2	3	4
1	Нефтепродукты	3456520,0	Масло-эмульсионные
2	Медь	2620500,0	Отработавшие свой ресурс

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
3	Хром ⁶⁺	1835100,0	Отработавшие свой ресурс
4	БПК ₅	1830713,8	Бактерии
5	Бихроматное окисление	829353,5	Отработавшие свой ресурс
6	Железо общее	696342,0	
7	Сульфаты	622788,0	Масло- эмульсионные СОЖ
8	СПАВ	353686,0	
9	Хлориды	100272,8	
10	Хром ³⁺	51920,0	Отработавшие свой ресурс
11	Алюминий	17460,0	
12	Никель	3680,0	
13	Цинк	2990,0	
14	Натрий	1118,2	

15	Кальций	310,2	
16	Свинец	39,0	

Таким образом, из анализируемых показателей, приведенных в экологическом атласе и определяющих очень высокие ОПС в сбросных водах, 16 характерны для СОЖ, что составляет около 67%. Это свидетельствует о высоком негативном влиянии рассматриваемых вод на природную среду.

Эколого-токсикологические проблемы, которые возникают в результате использования СОЖ на производстве показаны на рис. 3.2.

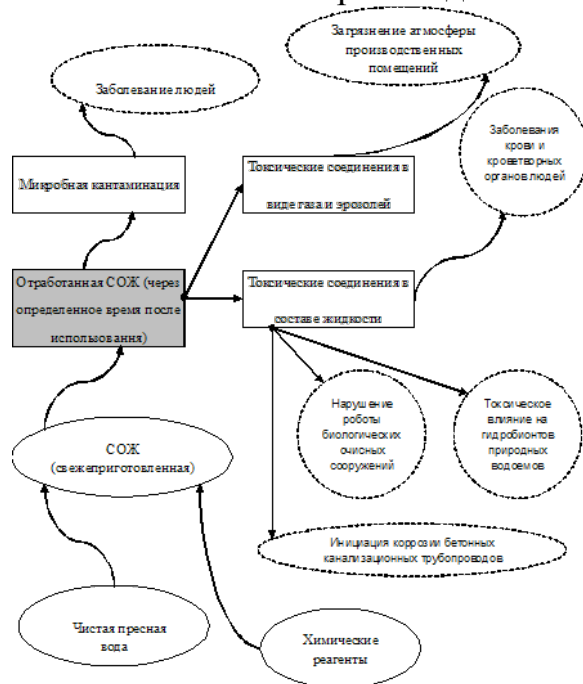


Рис. 3.2 Схема эколого-токсикологических проблем, которые возникают в результате использования СОЖ на производстве

Выводы

1. Экспериментально установлено, что смазочно-охлаждающие жидкости представляют большую экологическую опасность для гидробионтов; Установлены основные эколого-токсикологические проблемы, которые возникают в результате использования СОЖ на производстве

2. Кратность разбавления смазочно-охлаждающих жидкостей должна определяться для каждого конкретного случая с помощью биотестирования;

3. Установлено, что усредненный показатель кратности разбавления СОЖ чистой водой составляет около 700, что определяет значительный экологический ущерб и экономические потери, связанные с большими расходами чистой воды, особенно в условиях дефицита питьевой воды в Украине.

Список литературы: 1. Кухаренко А.А., Дадашев М.Н., Фукс И.Г. Смазочные материалы и охрана окружающей среды: //Экология промышленного производства, 2005. Вып. 3, Москва. - 47 – 49 с. 2. Осипов А.А. Загрязнение нефтепродуктами акватории и донных отложений Азовского моря // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. - 2005. № 6, Москва.- 60 – 63 с. 3. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник.-М.: Мысль, 1990.-637 с. 4. «Методика биотестирования на *Daphnia magna* Straus (далее – дафнии). КНД 211.1.4.046-95 Биотестирование и определение токсичности обратных вод, которые отводятся в водные объекты.» методичні вказівки по контролю токсичності промислових стічних вод на різних етапах технологічного процесу. РД 211.1.7.049-96, Київ, 1997. 5. Березуцький В.В., Васьковець Л.А., Семенкова А.Л., Березуцька Н.Л. Екологічна небезпека промислових водних технологічних розчинів// Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ», № 11, 2007. - 88-97 с. 6. <http://bg.meta.ua/catalog.php?q=&t=10000&rgn=0&c=1> Промышленные предприятия Украины. 7. Національна доповідь України про гармонізацію життєдіяльності суспільства у навколишньому природному середовищі. Київ, 2004. 8. <http://bg.meta.ua/catalog.php?q=&t=10000&rgn=21&c=1> Промышленные предприятия Харьковской области. 9. Екологічний атлас Харківський області – Х.: УкрНДІП, 2005 – 80 с.

Поступила в редколлегию 01.03.2010

М.А. КАСЬЯНОВ, докт. техн. наук, зав. каф. „Охорона праці та БЖД”
СНУ ім. В. Даля, г. Луганск

О.О. АНДРІАНОВА, аспірант, СНУ ім. В. Даля, г. Луганск

В.О. МЕДЯНИК, канд. техн. наук, доцент, СНУ ім. В. Даля, г. Луганск

О.М. ГУНЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент, СНУ ім. В. Даля, г. Луганск

О.О. РИБАЛЬЧЕНКО, асистент, СНУ ім. В. Даля, г. Луганск.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОНОТОННОСТІ І СТРЕСУ НА ПСИХІЧ- НУ ВТОМУ І НЕБЕЗПЕКУ ТРАВМАТИЗМУ

В статті показана необхідність врахування здатності людини-оператора протистояти негативним шкідливим та небезпечним виробничим факторам, таким як монотонність та стрес, при оцінці професійного ризику і професійної придатності працівників.

In clause the necessity of the account of ability of the man - operator is shown to resist to negative harmful and dangerous production factors, such as monotony and stress, at a rating of professional risk and professional suitability of the workers.

Останні дослідження показують, що при оцінці професійного ризику і професійної придатності працівників необхідно враховувати не тільки стан здоров'я останніх, а і інформаційну ємність їхніх органів почуттів і здатність протистояти негативним шкідливим та небезпечним виробничим факторам у т.ч. і психофізіологічним, таким як монотонність та стрес.

Як відомо [1], монотонність є психічним станом людини, що викликається одноманітністю сприйняття або дій. І, відповідно до цього, розрізняють монотонність, яка є наслідком інформаційного перенавантаження одних і тих же нервових центрів у результаті надходження великого обсягу однакових сигналів при багатократному повторенні одноманітних рухів, що відмічається при роботі на конвеєрах, а також монотонність, що викликається одноманітністю сприйняття через постійність інформації або браку нової інформації, що, у першу чергу, є характерним для робочих місць з тривалим спостереженням за приборними пультами при очікуванні важливого сигналу.

Під станом монотонності розуміють повільно виникаючий стан зниженої активності, який може виявитися при тривалих операціях, що повторюються. Цей стан пов'язаний, в основному, із сонливістю, утомою, падінням і коливаннями у продуктивності, зі зниженням здатності до переключення, зі зниженням реакційної здатності, а також з підвищенням аритмії серцевих ударів. Стан монотонності може виникнути внаслідок занадто малого числа загрозованих факторів, легких виробничих задач з короткими циклами повторення, діяльності, яка постійно повторюється, роботи без розмаїтості, малого надходження інформації, звуженням сприйняття або ж унаслідок малого мотивування до роботи.

Виникнення стану монотонності коливається у часі дуже по різному для різних людей (стійкість до монотонності). Стан монотонності, на противагу до психічної втоми, дуже швидко знімається за допомогою коротких перерв, фізичної або пси-

хічної напруги, а також за допомогою розмаїтості.

Ще гірші наслідки виникають при одноманітності дій людини-оператора, коли вони пов'язані зі значними фізичними зусиллями направленими на виконання м'язової роботи.

При проектуванні верстатів і засобів праці треба брати до уваги існуючі або можливі розходження серед робітників у відношенні інтелекту, освіти, професійних навичок, стану фізичного здоров'я і т.ін. При цьому існують застереження [2] від помилкових висновків, які виникають внаслідок спостереження частоти правильних дій оператора при наявності конструктивних недоліків або несприятливих умов виробничого середовища. При конструюванні засобів праці людина зазвичай не бере до уваги можливість того, що вони завжди будуть експлуатуватися у максимально важкому режимі. Так і людину-оператора не треба змушувати працювати на межі її можливостей як фізичних, так і психофізіологічних.

Згідно [3] стрес є реакцією організму на ситуації перевантаження і виникає, коли психічно викликане активування у формі так названого „загального адаптаційного синдрому” неправильно знімається, а за [1] – це реакція адаптації до надзвичайних, екстремальних умов, як фізіологічних, так і психічних і в дослівному перекладі означає „напруга”. Уся діяльність організму при стресі супроводжується посиленням функцій якихось його систем – слуху, зору, м'язової сили і т.д.

Стрес може викликатися небезпечними ситуаціями і страхом, підвищеними вимогами до продуктивності і поспіхом, усвідомленням загрозової небезпеки (наприклад, виникнення пожежі або вибуху, небезпеки одержання механічних, хімічних, термічних, електричної травм і т.д.), переляком. А також вимогами, які індивідуум по його власному почуттєвому сприйняттю не в змозі виконати, труднощами у взаємних відносинах, честолюбством, недостатнім визнанням, шумом і (або) вібрацією, порушеннями параметрів мікроклімату, недоліком або надлишком освітлення і іншими шкідливими виробничими факторами.

Тому що напруга сама по собі не є стресом, то ці фактори не обов'язково ведуть до нього, оскільки стрес є індивідуальною реакцією, а однакова ситуація може одною людиною переборюватися без стресу, а в іншій викликати його. Стрес, зокрема, викликає загальний синдром хвороби, зменшення опору організму та його продуктивності [4]. Він може призвести до виразку шлунку або дванадцятипалої кишки, коронарних захворювань серця, підвищеного кров'яного тиску, астми, імпотенції.

Ще не з'ясовано, в якому ступені часті стресові ситуації можуть бути причиною або викликати інфаркт міокарда – але його причинний зв'язок з іншими факторами ризику, наприклад, надлишковою вагою, нікотинном і підвищеним кров'яним тиском, не викликає сумніву. Стрес можна зменшити або уникнути за допомогою ергономічної організації праці, покладання обов'язків на осіб, які здатні їх виконати, навчання вмінню діяти у критичних ситуаціях, активної організації дозвілля, стимулювання позитивних міжособистісних контактів і т.д.

З практики відомо, що людина в стресових ситуаціях гірше дотримує вимоги безпеки, чим при їх відсутності. Таким чином стрес, у загальному випадку, підвищує небезпеку травматизму, тому умови праці повинні бути організовані так, щоб, по можливості, не виникали стресові ситуації.

Список літератури: 1. Русак О.Н. Справочная книга по охране труда в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1989. – 541 с. 2. Вудсон У., Коновер Д. М. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов. – М.: Мир, 1968. – 518 с. 3. Selye, H.: Stress in health and disease. Boston, Butterworths, London. 1976. 4. Gubser, A.: Monotonie im Industriebetrieb: Die Auswirkungen einförmiger Arbeitsvorgänge, ihre Prophylaxe und Bekämpfung. Bern: Huber, 1968.

Поступила до редколегії 31.12.2009

УДК 614.8

Ю.В.КУЛЯВЕЦЬ, канд. техн. наук, доцент, ХНАДУ, м. Харків

О.І.БОГАТОВ, канд. техн. наук, доцент, ХНАДУ, м. Харків

О.А.ЕРМАКОВА, канд. техн. наук, доцент, ХНАДУ, м. Харків

Н.Б.ВОЛНЕНКО, докт. мед. наук, доцент, ХНАДУ, м. Харків

ЙМОВІРНІСНІ МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ОПЕРАТОРОМ СИГНАЛІВ ПРО СТАН ОБ'ЄКТА

Розглядаються ймовірнісні методи виявлення оператором сигналів - провісників аварій на тлі перешкод за різноманітними критеріями. Надано рекомендації щодо зменшення кількості помилок оператора при розпізнаванні інформаційних сигналів.

Research probabilistic methods of detection of crash precursors by the operator of signals on a background noise on a various criteria. Given recommendations about reduction of number of errors of the operator at identification of information signals.

Людський чинник (ЛЧ), як причина ризику, що пов'язана з помилками людини, охоплює всі аспекти людської діяльності. Людина являє собою найбільш гнучкий, здатний до адаптації і важливий елемент ергатичної системи, однак і найбільш уразливий з точки зору можливості негативного впливу на її діяльність. Помилки оператора у системі "людина-техніка-середовище" можуть виникати внаслідок невірної професійної відбору, невідповідного до складності технологічних процедур та недостатньої професійної підготовки оператора, його психофізіологічного стану тощо. Недосконалість технологій, машин, механізмів, інструкцій, настанов – це опосередковані чинники, які можуть призвести до тяжкої аварії. Як свідчить практика, до 80-90 % аварій та катастроф пов'язані з людським чинником.

Людський чинник – це комплекс знань про людей в тому середовищі, в якому вони живуть і працюють. Дослідження ЛЧ передбачає прогнозування вірогідності людських помилок і їх меж для практичного застосування можливостей людини при конструкторських розробках машин та механізмів, оптимізації діяльності людини, метою якої є безпека та ефективність при управлінні технічними системами.

Помилки людини зумовлені небажаною дією або бездіяльністю, що виникає з низки причин: не той порядок дій, невчасні дії, незнання того, що треба зробити, або внаслідок поганого обладнання чи недосконалих процедур.

Існують внутрішні і зовнішні чинники, що сприяють або заважають процесу прийняття. До внутрішніх чинників, що визначають процес прийняття рішення і, отже, дії оператора відносяться: розумові здібності, здатності втримувати у пам'яті інформацію, знання і навички, особливості реакції. Ці чинники індивідуальні. Вплив стресу частіше за все також відносять до внутрішніх чинників. До зовнішніх чинників відносять характер і тип обладнання, умови навколишнього середовища, складність задачі.

Помилки не завжди залежать від людини, а часто відбуваються від неправильних вимірювань, індикації, неефективного управління. Ефективність управління і кількість помилок операторів залежить від системи надання інформації людині і можливостей управління.

Для управління системою оператору необхідна інформація, яка б дозволяла:

- швидко оцінити загальний стан об'єкту, у якому він знаходиться, тобто в стані нормальної експлуатації, в умовах очікуваної експлуатаційної події чи в аварійному стані і переконатися, що виконуються запроектовані автоматичні дії по забезпеченню безпеки;

- визначити відповідні дії, які необхідно розпочати оператору.

Для виконання ролі оператора обладнання людині потрібна інформація з параметрів окремих систем об'єкту й устаткування.

Сигнали про аварійний стан об'єкта можуть бути отримані від, так званих, провісників аварії. Це можуть бути процеси і явища, пов'язані із причинами аварії або ті що виникають по ходу розвитку аварійного стану. Наприклад, зростання внутрішньої механічної напруги в конструкції, збільшення тиску, температури, тертя в системі, поява іскріння в електроустаткуванні, збільшення витоку газу або електроструму - ці й подібні їм явища можуть бути провісниками аварій. Сигнали про їх, правильно й вчасно прийняті, забезпечують можливість запобігання аварії.

Виявлення й реєстрація сигналів завжди відбувається на тлі перешкод (шумів). Перешкоди можуть генеруватися як сторонніми джерелами так і самим досліджуваним об'єктом. Так як сигнали формуються в результаті яких-небудь матеріальних процесів, та й самі сигнали являють собою процеси, що супроводжуються переносом матеріальних потоків речовини або енергії, то й завжди будуть присутні перешкоди. Навіть якщо об'єкт максимально ізольований від зовнішнього миру, все одно, якщо від об'єкта йдуть сигнали, то будуть і перешкоди. Тому що раз є потоки, то існують і флуктуації цих потоків, які не можна повністю усунути. Ці флуктуації й стають основними джерелами перешкод, коли всі інші перешкоди по можливості усунути або подавлені. Чим раніше на стадіях розвитку аварійного процесу необхідно одержати сигнал від провісника, тим слабкіше буде цей сигнал і тем сильніше вплив перешкод. Тому вірніше говорити про великий або малий рівень потоку перешкод.

Нехай є якийсь об'єкт, для якого має сенс говорити про ризик аварії. Спостережуваний сигнал $y(t)$ є реалізацією випадкового процесу, що має розподіл W_y , що належить одному з M непересічних класів W_i ($W_i \cap W_k = \emptyset$, $i \neq k$, $i, k = 0, 1, \dots, M-1$). На основі спостереження реалізації $y(t)$ необхідно вирішити, якому із класів належить W_y .

При цьому реалізація $y(t)$, що аналізується, є результатом взаємодії присутнього в ньому сигналу $s_i(t)$ з випадковим процесом, що заважає (перешкодою $x(t)$): $y(t) = F[s_i(t), x(t)]$. Від того, який з M можливих сигналів присутній в $y(t)$, залежить щільність імовірності ансамблю, якому належить $y(t)$, так що кожному $s_i(t)$ відповідає деякий клас W_i розподілів ансамблю, що представляє $y(t)$. Таким чином, гіпотези H_i трактуються як припущення про наявність i -го (і тільки i -го) сигналу в $y(t)$ $H_i: y(t) = F[s_i(t), x(t)]$.

При цьому рішення \hat{H}_i , одне з яких служить підсумком процедури, є твердження про те, що в прийнятій реалізації утримується саме i -й сигнал.

У випадку M детермінованих сигналів $s_0(t), s_1(t), \dots, s_{M-1}(t)$ на тлі перешкод з повністю заданим статистичним описом щільність імовірності спостережуваної реалізації $y(t)$ за умови, що у $y(t)$ входить сигнал з номером i , - деяка цілком певна функція, вид якої залежить лише від номера i .

Якщо, ще не маючи в розпорядженні реалізації $y(t)$, є відомості про те наскільки часто можна чекати появи $s_i(t)$ в $y(t)$, тобто відома апіорна ймовірність p_i присутності в $y(t)$ сигналу $s_i(t)$, то ймовірність p_i можна назвати апіорною ймовірністю істинності H_i , записавши $p_i = P(H_i)$. Ясно також, що p_i підлягає умові нормовки $\sum_{i=0}^{M-1} p_i = 1$, тому що події H_0, H_1, \dots, H_{M-1} становлять повну групу подій.

Припустимо, що $p_{ik} = P(\hat{H}_k / H_i)$ - умовна ймовірність переплутування i -го сигналу з k -м, тобто ухвалення рішення \hat{H}_k (про присутність $s_k(t)$ в $y(t)$) за умови, що істинна гіпотеза H_i (в $y(t)$ утримується $s_i(t)$). Отже, безліч імовірностей p_{ik} при $i \neq k$ становить набір умовних імовірностей всіх помилкових рішень. Ці ймовірності для будь-якого фіксованого способу прийняття рішень можуть бути обчислені за умови повного статистичного завдання перешкод.

Введемо M^2 ненегативних величин R_{ik} , кожна з яких характеризує ризик (втрати, збиток) від переплутування i -го сигналу з k -м. При цьому вважається що правильні рішення не наносять збитку, так що $R_{ii} = 0$. У кожній окремій спробі рішення (підсумок) виявляється випадковою подією, а тому випадковим буде й значення ризику. Очевидно, безумовну ймовірність того, що ризик виявиться рівним R_{ik} , по теоремі множення ймовірностей можна знайти як $P(H_i)P(\hat{H}_k / H_i) = p_i p_{ik}$, тому математичне очікування ризику або середній ризик

$$\bar{R} = \sum_{i,k} R_{ik} p_i p_{ik}. \quad (1)$$

Природно при прийнятті рішень домагатися мінімуму середнього ризику, оскільки в цьому випадку сума штрафів за помилки виявиться найменшою (критерій Байеса або мінімуму середнього ризику).

Однак у більшості випадків не має об'єктивних даних для призначення всіх ризиків. Тоді природне бажання приймати помилкові рішення як можна рідше, тобто щоб повна ймовірність помилки

$$P_{\text{пом}} = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{\substack{k=0 \\ k \neq i}}^{M-1} p_i p_{ik} \quad (2)$$

була мінімальною. Цей критерій, що називається критерій ідеального спостерігача або критерій Котельникова, можна розглядати як окремий випадок байесовського, прийнявши в (1) $R_{ik} = R$, $i \neq k$, де R - довільна ненегативна константа. При цьому $\bar{R} = RP_{\text{пом}}$ й мінімізація середнього ризику дорівнює мінімізації (2).

Іноді ускладнення викликає завдання не тільки ризиків, але й апіорних імовірностей. Тоді визначити повну ймовірність помилки не можна, але можна припустити цілком задовільний критерій якості - критерій мінімуму суми умовних імовірностей помилок

$$P_{\text{пом ум}} = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{\substack{k=0 \\ k \neq i}}^{M-1} p_{ik} \cdot \quad (3)$$

Легко переконатися, що це окремий випадок байесовського критерію, у якому $R_{ik} = R$, $i \neq k$, $p_i = 1/M$, $i = 0, 1, \dots, M-1$. Після цих підстановок (1) приймає вигляд $\bar{R} = RP_{\text{пом ум}}/M$, що вказує на ідентичність завдань мінімізації \bar{R} й $P_{\text{пом ум}}$.

Визначимо стратегію, якої необхідно дотримуватися при прийнятті рішень за критерієм Байеса. При цьому, з урахуванням раніше викладеного, відразу будуть встановлені й стратегії прийняття рішень за іншими критеріями.

Припустимо, що зі спостережуваної реалізації доступні лише n дискретних відліків $y_i = y(t_i)$, $i = 0, 1, \dots, n$, що становлять вектор спостереження $\mathbf{Y} = [y_0, y_1, \dots, y_n]^T$. Нехай $w(\mathbf{Y}/H_i)$ - умовна щільність імовірності вектора \mathbf{Y} за умови, що вірною є гіпотеза H_i , тобто що в $y(t)$ утримується $s_i(t)$. Тому що перешкоди повністю статистично задані, то $w(\mathbf{Y}/H_i)$ - деяка конкретна функція, що задовольняє умовам $w(\mathbf{Y}/H_i) \geq 0$ і $\int w(\mathbf{Y}/H_i) d\mathbf{Y} = 1$.

Припустимо, що n -мірний простір векторів E^n розбитий на M (відповідно числу сигналів) непересічних областей рішення G_0, G_1, \dots, G_{M-1} :

$$G_i \cap G_k = \emptyset, \quad i \neq k, \quad i, k = 0, 1, \dots, M-1 \quad \bigcup_{i=0}^{M-1} G_i = E^n.$$

Тоді ухвалення рішення зводиться до визначення номера області, у яку потрапив вектор спостереження \mathbf{Y} . Якщо $\mathbf{Y} \in G_k$, то приймається рішення \hat{H}_k про присутність в $y(t)$ сигналу $s_k(t)$. Можливість такої «геометризації» зводить пошуки оптимальної стратегії до відшукання найкращої розбивки E^n на області рішень.

Для того щоб знайти оптимальне правило розбивки підставимо в (1) вираз для умовних імовірностей помилок $p_{ik} = \int_{G_k} w(\mathbf{Y}/H_i) d\mathbf{Y}$, що впливає з визначення області

теї G_0, G_1, \dots, G_{M-1} . Тоді

$$\bar{R} = \sum_{i,k=0}^{M-1} p_i R_{ik} \int_{G_k} w(\mathbf{Y}/H_i) d\mathbf{Y} = \sum_{k=0}^{M-1} \int_{G_k} \sum_{i=0}^{M-1} p_i R_{ik} w(\mathbf{Y}/H_i) d\mathbf{Y}. \quad (4)$$

Очевидно, «призначення» конкретної конфігурації областей рішення зводиться до того, щоб перебравши всі вектори \mathbf{Y} , розписати їх по M областях, включивши кожний в одну й тільки одну область G_k . При цьому, як витікає з (4), кожний вектор увійде в один й тільки в один доданок суми по k , що відповідає тієї області, за якою він закріплений. Тому мінімуму можна домогтися, якщо охопити областю G_k саме ті вектори \mathbf{Y} , для яких підінтегральний вираз в k -м інтегралі мінімальний. Отже, розбивка E^n на області G_0, G_1, \dots, G_{M-1} мінімізуючим \bar{R} , буде

такою, при якій в G_k включаються вектори \mathbf{Y} , що задовольняють системі M нерівностей

$$\sum_{i=0}^{M-1} p_i R_{ik} W(\mathbf{Y}/H_i) \leq \sum_{i=0}^{M-1} p_i R_{il} W(\mathbf{Y}/H_i), \quad l=0, 1, \dots, M-1. \quad (5)$$

Таким чином, на основі спостереження реалізації $y(t)$ необхідно встановити номер k , для якого спільно виконані нерівності (5), і ухвалити рішення \hat{H}_k щодо наявності в $y(t)$ сигналу з номером k . Це правило може бути записане у вигляді

$$\sum_{i=0}^{M-1} p_i R_{ik} W(\mathbf{Y}/H_i) \stackrel{\hat{H}_k}{\leq} \sum_{i=0}^{M-1} p_i R_{il} W(\mathbf{Y}/H_i), \quad l=0, 1, \dots, M-1, \quad (6)$$

де символ \hat{H}_k вказує на рішення, прийняте при одночасному виконанні всіх нерівностей в (6). Величина $\bar{R}\{y(t), k\} = \sum_{i=0}^{M-1} p_i R_{ik} W(y(t)/H_i)$ визначає умовний або апостеріорний (обчислений для даної конкретної спостережуваної реалізації $y(t)$) середній ризик. Тому вираз (6) має на увазі обчислення для аналізованої реалізації $y(t)$ M значень умовного середнього ризику $\bar{R}\{y(t), i\}$, $i=0, 1, \dots, M-1$, і ухвалення рішення про наявність в $y(t)$ сигналу з тим номером k , для якого значення $\bar{R}\{y(t), i\}$ мінімальне.

Для ідеального спостерігача, мінімізуючого (2), варто покласти $R_{ik} = R$, $i \neq k$. Тоді вираз (6) приймає вигляд

$$\sum_{\substack{i=0 \\ i \neq k}}^{M-1} p_i W(y(t)/H_i) \stackrel{\hat{H}_k}{\leq} \sum_{\substack{i=0 \\ i \neq l}}^{M-1} p_i W(y(t)/H_i), \quad l=0, 1, \dots, M-1, \quad (7)$$

На підставі формули повної ймовірності $\sum_{i=0}^{M-1} p_i W(y(t)/H_i) = W(y(t))$, згідно (7), одержимо

$$p_k W(y(t)/H_k) \stackrel{\hat{H}_k}{\geq} p_i W(y(t)/H_i), \quad i=0, 1, \dots, M-1. \quad (8)$$

Так як, по теоремі множення ймовірностей $p_i W(y(t)/H_i) = W(y(t))P(H_i/y(t))$, то співвідношення (8) може бути переписане у вигляді

$$P(H_k/y(t)) \stackrel{\hat{H}_k}{\geq} P(H_i/y(t)), \quad i=0, 1, \dots, M-1. \quad (9)$$

Величина $P(H_i/y(t))$ визначає апостеріорну (післдслідну) імовірність гіпотези H_i , тобто ймовірність наявності i -го сигналу в $y(t)$ з урахуванням всіх відомостей, які можна здобути зі спостережуваної реалізації $y(t)$. Отже ідеальний спостерігач приймає рішення на користь сигналу, що має найбільшу апостеріорну ймовірність, тобто діє за правилом максимуму апостеріорної ймовірності.

Якщо дані про апріорні ймовірності ненадійні і кращим є критерій мінімуму суми умовних імовірностей помилок (3), то відповідне оптимальне правило можна одержати з (8) при $p_i = 1/M$, $i=0, 1, \dots, M-1$:

$$W(y(t)/H_k) \stackrel{\hat{H}_k}{\geq} W(y(t)/H_i), \quad i=0, 1, \dots, M-1. \quad (10)$$

Умовна щільність імовірності $W(y(t)/H_i)$, визначена за умови істинності гіпотези H_i (присутності $s_i(t)$ в $y(t)$), - розглянута як функція номера гіпотези i при фіксованій реалізації $y(t)$, є функцією правдоподібності. Стратегія мінімізації виразу (3), зводиться до використання правила максимуму правдоподібності, тобто до підстановки прийнятої реалізації $y(t)$ у вираз для функції правдоподібності,

відоме в силу детермінованості сигналів і статистичної визначеності перешкод, і підбору i , такого що максимізує функцію правдоподібності.

Таким чином, зменшити кількість помилок оператора можливо наступними шляхами. По-перше за рахунок підбору таких сигналів про стан об'єкта, які відрізняються один від одного настільки, що при впливі перешкод не відбувається їх переплутування при зіставленні об'єктивних зовнішніх сигналів з їх суб'єктивною смисловою оцінкою з боку індивідуальної свідомості. По-друге, так як сам по собі процес свідомого пошуку рішення оператором дуже повільний, у ситуаціях, які швидко розвиваються, імовірність того, що людина знайде потрібне рішення, у процесі мислення, зовсім мала. Основний шлях підготовки оператора до дій у конкретних виробничих ситуаціях полягає в постійному навчанні і тренуванні з метою переведення дій на рівень стереотипів.

Список літератури: 1. Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки): Навч. посібник / В.В. Бегун, І.М. Науменко - К., 2004 - 328 с. 2. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1989 – 656 с.

Поступила в редколлегию 08.02.2010

УДК 538.69:331.45

А.Ф. ЛАЗУТСЬКИЙ, канд. військ. наук, НЮАУ, м. Харків

А.В. ПИСАРЄВ, канд. військ. Наук, НЮАУ, м. Харків

В.О. ТАБУНЕНКО, канд. техн. наук, Академія Внутрішніх Військ МВС України, м. Харків

ЩОДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПОВЕРХНЕВОГО РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

У статті розглянуто деякі аспекти визначення фізико-хімічних процесів поверхневого радіоактивного забруднення. В результаті проведеного аналізу встановлено, що по мірі збільшення експозиції забруднення можлива іонообмінна адсорбція і в подальшому дифузія радіонуклідів, яка визначає поверхневе забруднення та вимагає застосування відповідних способів дезактивації.

The article reviews some aspects of determining physical and chemical processes radioakty-destructive surface contamination. As a result of the analysis showed that as increasing pollution expo position of possible ion-exchange adsorption and subsequent diffusion of radionuclides, which determines the surface contamination and requires the use of appropriate methods of decontamination.

Радіоактивні забруднення після Чорнобильської катастрофи, різноманітний асортимент різних радіоактивних (РА) частинок дозволяють по-новому підійти до розгляду фізико – хімічних основ поверхневого РА забруднення. Деякі аспекти фізико–хімічних процесів поверхневого РА забруднення розглянути авторами раніше [1].

У залежності від фізико-хімічної взаємодії між поверхнею, що забруднюється, і носіями активності при поверхневому забрудненні має місце адгезійний, адсорбційний і іонообмінний процеси РА забруднень.

Характерною рисою при адгезіоному забрудненні є збереження границі фаз між РА речовинами й об'єктом, що забруднюється.

Адгезія — це зв'язок, що утворюється при молекулярному фіксованому контакті між різнорідними конденсованими тілами, для порушення якої необхідно зовнішній вплив. Те тіло, що прилипає, називають адгезивом, а до якого прилипає адгезив — субстратом. Стосовно до РА забруднення субстрат утворює поверхні об'єктів, а адгезивом є РА речовини.

Виникнення адгезіоної взаємодії між РА речовинами і поверхнею об'єкта — одна з основних причин РА забруднень, особливо це стосується аварійних аерозольних викидів РА речовин у виді високодисперсних частинок, що супроводжували Чорнобильській катастрофі.

У залежності від властивостей адгезива розрізняють адгезію частинок (РА аерозолів, частинок-носіїв РА речовин і ін.), рідини (РА теплоносії, забруднена вода, відходи й ін.) і структурованих пружно – в'язко – пластичних тіл (переважно відходи).

Адгезія частинок 2 (рис. 1) [2] визначається силою f_{AD} . Значення цієї сили навіть для частинок одного розміру не однакова, а розподіл частинок за силами адгезії підкоряється нормально-логарифмічному закону, що можна представити у виді:

$$\varphi(f_{AD}) = \frac{\delta N}{N \cdot \delta f_{AD}} = \frac{0,43}{f_{AD} \cdot \sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\lg f_{AD} - \bar{f}_{AD})^2}{2 \cdot \sigma^2}\right] df_{AD}, \quad (1)$$

де \bar{f}_{AD} — медіанна сила адгезії; σ — середнє квадратичне відхилення.

Числове значення сил адгезії визначається оцінкою зовнішнього впливу за допомогою сили f_{omp} , рівної, але протилежно спрямованій силі адгезії. Розподіл РА частинок за силами адгезії означає, що реалізуються максимальні і мінімальні сили адгезії, а фактичні значення сил адгезії знаходяться в діапазоні $f_{AD}^{min} \leq f_{AD} \leq f_{AD}^{max}$. Для практики дезактивації це означає, що частина частинок у процесі дезактивації стає такими, що важко видаляються. Особливо це відноситься до високодисперсних частинок, тобто частинок малих розмірів. Зі зменшенням розмірів частинок медіанна сила адгезії \bar{f}_{AD} , віднесена до маси частинок m , тобто $\bar{f}_{AD} = f_{AD} / m$, різко збільшується. Якщо для частинок діаметром 100 мкм медіанна сила адгезії близька до \lg [3, 4], то для частинок діаметром 1 мкм — вже в сотні разів більше \lg .

Таким чином, значна адгезія щодо дрібних частинок, розкид сил адгезії і наявність частинок, що важко видаляються — така одна з передумов недостатньої ефективності дезактивації в Чорнобилію.

Розглянемо особливості адгезії, коли РА речовини знаходяться у виді рідини. Адгезія визначає положення краплі рідини на гладкій поверхні l (рис. 1)

у залежності від балансу поверхневих натягів на границі поділу фаз [5], а саме: рідина — газ ($\sigma_{жг}$) тверде тіло — газ ($\sigma_{тг}$) і тверде тіло — рідина ($\sigma_{тж}$). В умовах рівноваги і з урахуванням крайового кута θ можна написати:

$$\sigma_{ТГ} = \sigma_{ТЖ} + \sigma_{ЖГ} \cdot \cos \theta; \quad \cos \theta = \frac{\sigma_{ТГ} - \sigma_{ТЖ}}{\sigma_{ЖГ}}. \quad (2)$$

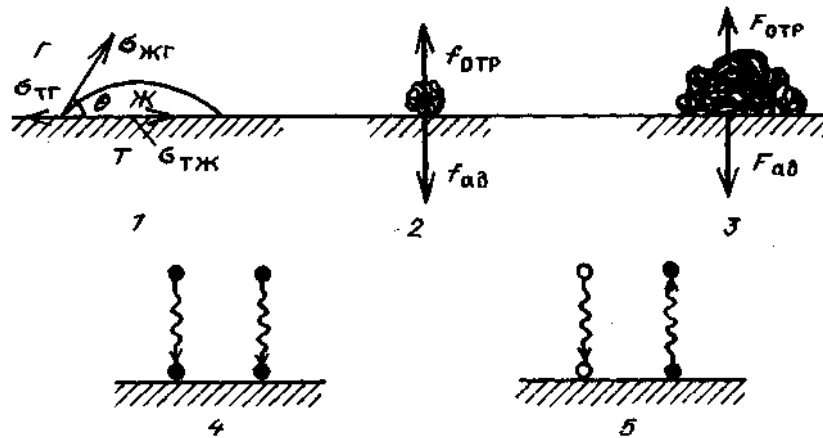


Рис.1. Поверхнєве РА забруднення за рахунок адгезії (рідини 2, частинок 1, структурованих тіл 3, адсорбції 4 і іонного обміну 5

Крайовий кут θ визначає змочування твердих поверхонь. Адгезія рідини і змочування — дві сторони того самого явища, названого адгезією взаємодією між рідиною і твердим тілом. Якщо адгезія - це зв'язок між рідиною і твердим тілом, то змочування визначає наслідок цього зв'язку.

З використанням рівняння (2), названим рівнянням Дюпре - Юнга, можна одержати вираз для рівноважної й зворотної роботи адгезії рідини $W_{ад}$:

$$W_{ад} = \sigma_{ЖГ} \cdot (1 + \cos \theta). \quad (3)$$

У залежності від крайового кута змінюється змочування поверхонь і рівноважна робота адгезії, обумовлена формулою (3). Якщо крайовий кут не перевищує 90° , то такі поверхні називають олеофільними, а стосовно води - гідрофільними. Чим менше крайовий кут, тим краще змочуються поверхні і більше рівноважна робота адгезії. На олеофобних поверхнях, а стосовно води гідрофобних, крайовий кут перевищує 90° . Подібні поверхні погано змочуються і реалізують незначну адгезію.

Ще раз підкреслимо, що рівняння (2) і (3) справедливі лише в рівноважних умовах і для зворотних процесів. Фактично в умовах РА забруднення і дезактивації подібні обмеження відсутні. Проте, за допомогою цих рівнянь можна оцінити тенденцію зміни адгезії рідини — у міру зменшення крайового кута і гідрофілізації поверхні збільшується робота адгезії рідини і змочування; навпроти, гідрофобізація поверхні приводить до зниження змочування й адгезієюї взаємодії.

Адсорбцією 4 (рис. 1) називають концентрування (згущення) речовин на поверхні поділу фаз. Речовину, на яку адсорбується інша речовина, називають адсорбентом, а речовина, сконцентрована на границі поділу фаз - адсорбатом. Стосовно до процесу РА забруднення адсорбентом виступають поверхні об'єктів, а адсорбатом - радіонуклід, що знаходиться в рідкому або газоподібному середовищі у виді іонів молекул або комплексних сполук.

Адсорбція, як і адгезія, самочинний процес, викликаний поверхневою енергією і поверхневим натягом на поверхні поділу фаз σ . Кількісно адсорбція виражається надлишком адсорбата в поверхневому шарі в порівнянні з його концентрацією в об'ємній фазі. Ця надлишкова кількість позначається Γ_i , що характеризує так

названу гіббсову адсорбцію. Ця величина показує, на скільки збільшилася концентрація адсорбата, у даному випадку радіонукліда (РН), на поверхні в порівнянні з його концентрацією в об'ємі та у відношенні будь якого РН у суміші з іншими дорівнює:

$$\Gamma_i = \frac{n_i}{B}. \quad (4)$$

Для порошкоподібного адсорбенту адсорбція дорівнює:

$$\Gamma_i = \frac{n_i}{M}, \quad (5)$$

де n_i - число молів адсорбата; B, M - поверхня і маса адсорбенту.

Основне рівняння адсорбції, названо рівнянням Гіббса, можна представити в наступному виді:

$$\Gamma = -\frac{C}{R \cdot T} \frac{d\sigma}{dC}, \quad (6)$$

де C - концентрація адсорбата; $\frac{d\sigma}{dC}$ - зміна питомої поверхневої енергії (поверхневого натягу) у залежності від концентрації; R - універсальна газова постійна.

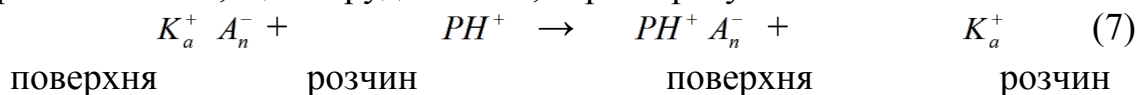
Рівняння Гіббса у вигляді (6) зв'язує між собою основні параметри, що характеризують адсорбцію - T , C , Γ и σ , воно визначає можливість протікання адсорбції як самочинного процесу за рахунок зниження поверхневого натягу, тобто величини $\sigma(d\sigma/dC)$.

У залежності від природи адсорбційних сил розрізняють фізичну і хімічну адсорбцію; останню називають ще хемосорбцією. У результаті фізичної адсорбції, молекули РН зберігають свою індивідуальність. Взаємодія між ними і молекулами адсорбенту здійснюється за рахунок міжмолекулярної взаємодії (сил Ван дер Ваальса). У зв'язку з цим фізична адсорбція зворотна, мало специфічна, тобто практично не залежить від природи адсорбата (РН), зменшується з ростом температури. Якщо теплота, що супроводжує фізичну адсорбцію, складає 10 - 40 кДж/моль, то при хемосорбції вона досягає 400 кДж/моль. У результаті хемосорбції молекули або іони РН, а так само сполуки утворюють з адсорбентом, тобто з забрудненим об'єктом, поверхневі хімічні сполуки. Хемосорбцію можна розглядати, як хімічну реакцію на поверхні поділу фаз.

При перебуванні РН у водному середовищі у виді іонів можлива іонообмінна адсорбція 5 (рис. 1). Іонний обмін — це зворотний процес еквівалентного (стехіометричного) обміну між іонами РН і поверхнею, що забруднюється.

В умовах РА забруднення РН повинні знаходитися в розчині в іонній формі. Вони з розчину переходять на поверхню, а іони з твердої поверхні переходять у розчин.

Якщо позначити RH^+ - радіоактивний іон, а $K_a^+ A_n^-$ - структуру твердої поверхні, то схематично іонообмінна адсорбція, тобто обмін іонами між РА розчином і поверхнею об'єкта, що забруднюється, характеризується в такий спосіб:



За схемою (7) має місце так називаний катіонний обмін, поверхня, що забруднюється, виконує роль катионіта.

Радіонукліди можуть входити до складу забруднюючого розчину. У цих умовах можливий аніонний обмін між поверхнею і розчином:



поверхня розчин поверхня розчин

Іонообмінна адсорбція є основним процесом, що визначає РА забруднення ґрунту, а також умовою закріплення РН у ґрунті під дією мінеральних добрив.

Розглянуті фізико – хімічні процеси поверхневого РА забруднення проявляються часто не окремо, а в комплексі. В реальних умовах можливе поєднання різних механізмів забруднення в певній послідовності. В свою чергу механізм РА забруднення залежить від форми існування РН, які входять до складу твердих частинок або розчинів, а також знаходяться в рідинному середовищі у вигляді іонів, молекул, різноманітних сполук або колоїдних розчинів. Все це і обумовлює застосування відповідних способів дезактивації.

Список літератури: 1. Лазутський А.Ф., Писарев А.В., Табуненко В.О. Щодо питання визначення фізико-хімічних процесів глибинного радіоактивного забруднення // Вісник НТУ "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ "ХПІ", 2009. – № 16. – С. 13 – 17. 2. Зимон А.Д., Пикалов В.К. Дезактивація. - М.: ИздАТ, 1994. – 336 с. 3. Скитович В.И., Будыка А.К., Огородников Б.Н., Петрянов И.В. // Сб. докл. 1-го Всесоюзн. научно-техн. совещ. по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. М.: Минавтомэnerg, 1989. т.7, № 1. С. 89-101. 4. Клочков В.Н., Гольдштейн Д.С., Васькин А.С. и др. // Атомная энергия. 1990. т.68, № 2. С. 105-107. 5. Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивание. М.: Химия, 1974.

Поступила в редколлегию 03.03.2010

УДК 629.12.004

В. Н.МАЛЕТКИН, канд. тех. наук, доцент, ВНУ им. В. Даля, г. Луганск
О. Н. ДРУЗЬ, канд. тех. наук, доцент, ВНУ им. В. Даля, г. Луганск
А.В. ЧЕРНЫХ, ассистент, ВНУ им. В. Даля, г. Луганск.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ ТЕХНОГЕН- НОЙ СРЕДЫ В ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

У статті наведені аспекти визначення критеріїв безпеки спільного впливу на людину і навколишнє середовище небезпечних і шкідливих факторів техногенного середовища промислового регіону (Луганської області).

In this article features for definition of criteria of safety at joint influence of hazardous and harmful factors of technogenic mediium of industrial region (Lugansk area) on the person and environment are described.

Анализ состояния вопроса. Критерии безопасности в жизнедеятельности человека необходимы для ограничения действия негативных факторов окружающей

среды – природной, техногенной (производственной, бытовой, урбанизированной).

В последние годы наиболее значимой становится роль критериев безопасности от влияния различных факторов техносферы.

Указанные ограничения могут принимать вид предельно-допустимых уровней (ПДУ) воздействий различного рода потоков энергии; предельных доз (ПД) промышленных и естественных излучений; предельно-допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ; предельно-допустимых выбросов (ПДВ) в атмосферу вредных веществ; предельно-допустимого риска (ПДР) воздействия негативных факторов техносферы без ущерба для безопасности человека и состояния окружающей природной среды.

Луганская область, обладая значительным экономическим потенциалом, принадлежит к пятерке мощных промышленно-экономических регионов Украины. На территории области функционирует 1128 потенциально опасных объектов, в том числе 106 химически опасных и 144 угледобывающих и углеперерабатывающих. Ежегодные выбросы в атмосферу составляют более 1 млн. тонн [1]. Сотни гектаров земли похоронены под многометровым слоем токсичных отходов, причем почти 90% из них составляют побочные продукты угольной промышленности. На Луганщине хранится более 500 непригодных и запрещенных химических средств защиты растений – пестицидов. Эти вещества десятки лет будут отравлять окружающую среду, выделяя в теплое время года в атмосферу, а в дождливое – в грунт токсичные вещества [1]. Ежегодно каждый житель нашего региона «производит» до 350 кг. мусора [1]. Одним из путей обеспечения безопасных условий проживания является определение критериев безопасности от воздействия, имеющих опасных и вредных факторов на человека и окружающую среду.

Постановка задачи исследования. Проблемам определения критериев безопасности действия на человека негативных факторов среды обитания посвящены научные работы [2, 3, 4]. Анализ работ показывает, что главной особенностью всех приведенных ранее критериев безопасности является недопустимость превышения фактически действующих воздействий (V_j) негативных факторов и параметров техногенной среды установленных и приведенных в нормативных документах пороговых (Π_j) нормативных значений (ПДУ, ПД, ПДК и т.д.):

$$V_j < \Pi_j, \quad (1)$$

где j -вид негативного техногенного воздействия (электромагнитного, ионизирующего, химического и т.д.), одного из m возможных ($j=1 \dots m$).

Задачей данной работы является обоснование необходимости использования критериев безопасности для оценки и учета одновременного действия различных опасных и вредных факторов в рассматриваемом регионе.

Материалы и результаты исследования. При одновременном проявлении нескольких факторов или разновидностей (n) одного и того же j -го фактора, что является характерным для техногенной среды региона, критерий безопасности дол-

жен учитывать все возможные негативные последствия, которые могут нарушить безопасность пребывания человека в данном регионе.

В работах [4, 5] обращается внимание на то обстоятельство, что многие негативные техногенные опасности обладают комплексным воздействием на организм человека, взаимно усиливая вредные и опасные эффекты каждого фактора. В этом случае для определения эффективности их одновременного влияния целесообразно использовать суммирование общего числа n отношений текущих значений B_{jk} этих k -х разновидностей ($k=1\dots n$) к соответствующим пороговым значениям Π_{jk} [4]:

$$\sum_{k=1}^n B_{jk} / \Pi_{jk} \leq 1. \quad (2)$$

В соответствии с формулой (2) количество действующих разновидностей j -го фактора, отнесенное к своим индивидуальным пороговым значениям, которые не должны быть превышены, составляют полную группу относительных значений. Имея относительные значения каждой из разновидностей опасного и вредного фактора, можно уменьшать текущее значение пропорционально количеству действующих разновидностей. Пороговым значением комплексного действия разновидностей того или иного фактора выступает единица выражения (2).

В условиях одновременного воздействия на человека целого комплекса опасностей (при пожаре, взрыве и т.д.) необходимым является требование пропорционального уменьшения их комплексного воздействия на человека:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n B_{jk} / \Pi_{jk} \leq 1. \quad (3)$$

Человек будет находиться в более безопасных условиях любой среды обитания при соблюдении требований неравенства (3).

Для учета эффекта совместного усиливающего воздействия на человека и окружающей среды значительного количества факторов и разновидностей их параметров предлагается использовать коэффициенты взаимовлияния K_{jk} [4]:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (B_{jk} \cdot K_{jk}) / \Pi_{jk} \leq 1, \quad (4)$$

где $K_{jk} > 1$ при усиливающем воздействии факторов;

$K_{jk} = 1$ при суммирующем;

$K_{jk} < 1$ при ослабляющем взаимном действии факторов техногенной среды.

Выводы: 1. для учета эффекта совместного влияния на человека и окружающую среду значительного количества опасных и вредных факторов техногенной среды и разновидностей их параметров необходимо использовать критерии безопасности;

2. роль таких критериев безопасности призваны выполнять ограничения действия вредных и опасных факторов, приведенные в нормативных документах по безопасности жизнедеятельности человека и охране труда на производстве;

3. количественные значения критериев должны постоянно уточняться на основе статистики техногенных опасностей региона и находить свое отражение во всех нормативных документах.

Список литературы: 1. Впровадження сучасних інноваційних методів навчання з метою підвищення ефективності викладання дисциплін „ЦО” та „БЖД” в вищих навчальних закладах області. Матеріали науково-методичного семінару. Луганськ. – 2009. – 95 с. 2. Ліпкан В.А. Безпекознавство. Навчальний посібник. – К.: Європейський університет, 2007. – 203 с. 3. Ярочкин В.И., Бузанова Я.В. Теория безопасности. – М.: Мир. 2005. – 174 с. 4. Лобачева А.И. Безопасность жизнедеятельности. Конспект лекций. – М.: Юрайт. 2006. – 189 с. 5. Юртушкин В.И. Чрезвычайные ситуации. Защита населения и территорий. Учебное пособие. – М.: Кнорус. 2008. – 362 с.

Поступила в редколлегию 24.12.2009

УДК 331.45:371.315

М.М. ЛАТИШЕВА, канд. техн. наук, проф. НТУ «ХПІ», м.Харків
Т.С. ПАВЛЕНКО, стар. виклад, НТУ «ХПІ», м. Харків
Н.Є. ТВЕРДОХЛЄБОВА, асистент, НТУ «ХПІ», м. Харків

ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ УЧАСНИКІВ ДО УЧАСТІ У ОЛІМПІЙСЬКИХ ЗМАГАННЯХ

У статті розглянуто особливості підготовки, організації та проведення сучасних олімпійських змагань студентів. Слід звернути особливу увагу на використання олімпіадних завдань, що максимально розкривають творчі здібності студентів, виховують у них самостійне мислення, комунікативні якості, вміння приймати рішення за малий відрізок часу. Авторами сформульовані умови підготовки студента-учасника та студентської команди до предметної олімпіади. Зроблений акцент на використанні активних та групових методів навчання на основі нестандартних виробничих ситуацій. Зроблені висновки та внесені пропозиції щодо організації узгодженої діяльності всіх учасників змагань

The preparation, organization and carrying out of modern student's Olympic competitions are considered in the article. It is necessary to pay special attention to using of Olympics assignments, which form creative abilities of students, independent thinking, communicative qualities and skill to make decisions for a short interval of time. Authors formulated conditions for preparation of student-participant and student's team to object's Olympic. The accent to using of active and group methods of training in non-standard industrial situations should have was made. Conclusions and recommendations for organization the coordinated activity of all participants of competitions

Пріоритетною метою вищої технічної школи є формування у майбутніх фахівців поняття здоров'я і життя людини як вищої мети розвитку нашого суспільства. Актуальність означеної мети освіти стверджується наступним висловленням Хенрика Сколимовськи "Незважаючи на свій вражаючий розмах, техніка як тактика життя пропонує нам непідходящі, а з багатьох причин і хибні шляхи. Для того, щоб удосконалити тактику життя, потрібно так змінити напрям розвитку техніки, щоб він забезпечив нову тактику життя, - у свою чергу нам належить створити новий тип знань, нову дисципліну, у межах якої ми могли б ефективно перетлумачити наші сучасні діалекти" [1].

Виховання і навчання обдарованої, духовної особистості дозволить змінити споживче ставлення до навколишнього середовища, до суспільства, до всіх досягнень цивілізації. Кількісна цивілізація, яка отримала розвиток на Заході, є одночасно і великим досягненням розуму людини, і великою помилкою, тому що лю-

дина намагається звести все якісне до фізичних кількостей, які легко рахуються [1].

Постановка проблеми. Актуальність формування культури праці і взаємодії студентів, які навчаються у технічних закладах, обумовлена рядом протиріч між:

- потребами суспільства у спеціалістах, які б мали однаково високу підготовку як зі спеціальних дисциплін, так і циклу дисциплін, що формують знання з питань безпеки виробництва, а особливо з безпеки життя та діяльності людини;
- необхідним рівнем культури діяльності, праці спеціалістів і фактичним нівелюванням статусу нормативних дисциплін "Основи екології", "Основи охорони праці", "Цивільна оборона", "Охорона праці в галузі";
- необхідністю формування взаємодії у колективі, вміння співпраці з колегами і змістом та формою навчання, які виключають не тільки особистий розвиток студента, а й розвиток комунікативності і співпраці.

Названі протиріччя визначають рівень досягнень у професійній діяльності майбутніх інженерів, тобто їх здатність до саморозвитку, самоосвіти, а також розуміння того, що знання людини не повинно бути спрямоване на підкорення насколишнього середовища, тобто проти самого себе, а повинно служити розумінню, вивченню і гармонічній взаємодії з природою. Це є необхідним для подальшого розвитку суспільства України.

Метою статті є аналіз досліджень, які розглядають питання використання предметних олімпіад як методу виховання і навчання обдарованої молоді. Невизначеність розвитку суспільства нашої країни потребує не тільки високого рівня професійних знань, а й уміння користуватися ними при взаємодії з співробітниками у подальшій діяльності.

Виклад основного матеріалу. Сучасний рівень розвитку суспільства ставить нові вимоги до вищої технічної освіти, важливим показником якості якої є здатність майбутнього спеціаліста до рішення такого класу професійних завдань, які йому необхідно буде виконувати у подальшій діяльності. Як правило, ці завдання міждисциплінарні у своїй теоретичній основі і мають стратегічний характер, що вимагає, з одного боку, високого рівня професійних знань, з іншого – володіння прийомами вирішення нестандартних завдань.

Сучасні педагогічні технології створюються на базі інформаційно-комунікаційних технологій, в яких важливу роль відіграють засоби передачі і обміну інформації, що містять наукову й навчальну інформацію. Тому інформаційно-комунікаційні технології відкривають великі можливості перед освітою у напрямку поширення знанієвого простору, удосконалення прийомів діяльності, за рахунок обміну досвідом і знанням, а також застосуванням спілкування і співробітництва як активних форм діяльності [2].

З метою удосконалення якості підготовки фахівців з питань безпеки виробництва, а також щодо підвищення зацікавленості студентів до питань безпеки життєдіяльності людини, визначення обдарованої молоді і формування кадрового потенціалу для дослідницької, адміністративної, виробничої діяльності, проводяться всеукраїнські студентські олімпіади з дисципліни "Безпека життєдіяльності".



Підготовка і проведення предметної олімпіади являє собою змагання студентів у творчому застосуванні знань й умінь з означеної дисципліни.

Необхідними і основними учасниками успішної підготовки, організації та проведення предметної олімпіади є:

1. Викладач, який має методично-педагогічний

досвід у розробці та впровадженні активних методів навчання та інформаційних технологій.

2. Студент, який має творчі, організаційні, комунікативні здібності і бажання їх випробувати.

Що є початковою проблемою у студентському олімпіадному русі та введенні його у систему виховання та навчання обдарованої молоді? Нажаль, у молоді нашої країни не у повному обсязі сформовано почуття патріотизму, пошани до своєї країни, місця навчального закладу. Тому необхідно, щоб будь-який студент – учасник олімпіади прагнув до найвищого результату, тобто волів зайняти призове місце. Для цього необхідно спеціально займатися підготовкою учасників до змагань, а не просто робити відбір для участі у олімпіаді студентів з високим рівнем успішності у навчанні з дисципліни. У такому випадку може скластися ситуація, коли студент без належних якостей не досягне бажаного результату. Це у свою чергу може сприяти формуванню не тільки невдоволеності та психологічного дискомфорту, а й психологічної травми.



У ході підготовки до олімпіади викладач формує у кожного студента відповідальність за свої досягнення, цілеспрямованість, патріотизм. І викладач, і студент повинні відчувати єдність своїх прагнень, інтересів. Тільки тоді студенти стають першими помічниками, послідовниками ідей викладача.

У зв'язку з означеним підкреслюється необхідна умова підготовки студента-учасника предметної олімпіади, а саме -

самопідготовка викладача.

Викладач, що вирішив підготувати команду студентів до предметної олімпіади повинен:

1. З'ясувати активні методи навчання.
2. Мати досвід використання інформаційних методів навчання.
3. Мати досвід розробки та впровадження ігрових методів навчання.
4. Мати час на перевірку, опробування олімпійських предметних завдань.

5. Навчити студентів співпраці для успішного виступу команди.
6. Встановити безпосередній зв'язок між результатом, одержаним студентами - учасниками і цінністю винагороди.
7. З'ясувати рівень психологічного і фізичного перевантаження учасників.

Далі необхідно визначити умови підготовки олімпійської студентської команди, а саме:

1. Визначити рівень системності знань з питань безпеки життєдіяльності, тобто усвідомлення студентами означеного кола питань у загальній структурі інженерної підготовки.

2. Перевірити дієвість знань студентів, готовність до застосування набутих знань на практиці.

3. Визначити зв'язок олімпіадних завдань з майбутньою діяльністю, що сприяє послідовному формуванню набутих знань.

4. Підготувати студентів до виконання завдань, які мають варіативність рішень, розвинуту здатність до прийняття раціонального рішення, що сприяє глибокому вивченню дисципліни.

5. Навчити виконувати логічні завдання підвищеного рівня складності для формування аналітичного мислення, інженерної інтуїції.

6. Створити студентам умови для самостійної підготовки.

Відомо, що найбільш стійкі знання формуються у процесі самонавчання. Самостійно отримане вірне рішення, навіть не маючи повного логічного обґрунтування, із значною долею інтуїтивного сприйняття при кінцевому аналізі результатів приймає зрозумілу переконливу форму.

Визначене коло умов неможна назвати методикою підготовки студентів до предметної олімпіади без визначення особливостей олімпіадних завдань. Олімпіадні завдання повинні мати, насамперед, прикладний характер, для їх рішення необхідний високий рівень ерудиції, нестандартне мислення. Для досягнення означеної мети необхідно застосовувати моделювання практичної діяльності інженера з питань безпеки виробництва. Моделювання передбачає використання методів ідеалізації та абстракції. Суттєве значення при цьому має виділення таких трьох рівнів абстракції, на яких може здійснюватися моделювання:

- 1) рівень потенційної здійсненності;
- 2) рівень реальної здійсненності;
- 3) рівень практичної доцільності.

Рівень потенційної здійсненності враховує можливість трансформування змісту, сутності питань з безпеки виробництва.

Рівень реальної здійсненності враховує перенесення професійних завдань про об'єкт, що вивчається, у олімпіадне завдання.

Рівень практичної доцільності вказує на необхідність перенесення знань при моделюванні для одержання запланованого результату, а саме відображення основних аспектів виробничої безпеки. Це дозволяє студентам ефективно з'ясувати подану інформацію і виробити вірне колективне рішення [3].

Окреслені якості викладача, сформовані умови підготовки студентів до олімпіади, розроблені методи подання наукової інформації сприяють залученню до

олімпійського руху обдарованої молоді, дозволяють виховати цілеспрямовану людину, патріота своєї країни.

Висновки та подальші перспективи.

1. Умови організації підготовки студентів до предметних олімпіад розвивають у них творчий підхід до вирішення питань з безпеки виробництва.

2. Практична реалізація активних методів навчання на основі моделювання нестандартних виробничих ситуацій набуває морально-етичного і навіть суто економічного значення, а саме навчання і виховання молодих, цілеспрямованих фахівців, здатних вивести нашу країну з глибокої економічної кризи.

Подальшого вивчення і розробки потребує:

1) з'ясування методик навчання, що поліпшують сприйняття, засвоєння студентами навчальної інформації при підготовці до участі у олімпіаді;

2) створення ефективної комунікативної функції зв'язків між викладачем і студентами як у період підготовки до олімпіади, так і під час навчання;

3) коригування системи співробітництва і взаємонавчання як у олімпійській команді, так і у навчальному колективі студентів.

Список літератури: 1. *Skolimowski H. Philosophy of Technology as a Philosophy of Man.* - In: *The History and Philosophy of Technology.* Ed. G. Bugliarello a. D. B Doner Chicago. University of Illinois Press, 1979, p. 325-336. 2. *Латишева М.М., Павленко Т.С., Твердохлебова Н.Є.* Інформаційна складова педагогічної культури викладачів вищої технічної школи // Збірник наукових праць: Інформаційно-телекомунікаційні технології в сучасній освіті: досвід, проблеми, перспективи.- Львів - 2009.- Ч.2 С. 232-235. 3. *Павленко Т.С.* Моделювання працезохоронної діяльності інженера як спосіб ефективної організації навчального процесу з промислової безпеки // Наукові праці: Науково-методичний журнал, Т50. Вип.37. Педагогічні науки. – Миколаїв: Видво МДГУ ім.П.Могили – 2006. – С.72-75.

Поступила в редколлегию 01.02.2010

УДК 351. 861

Ю.О. КУЛІШ, командир оперативно-рятувальної служби м. Харкова, викладач кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт УЦЗУ, член кореспондент МАБЖД, м. Харків

БЕЗПЕКА НА ДОРОГАХ УКРАЇНИ

Оперативно-рятувальна служба м. Харкова – перша громадська організація, що створена на теренах колишнього СРСР в 1989 році, для ліквідації наслідків аварій, катастроф, стихійних лих і надання допомоги постраждалим. Служба має майже двадцятирічний досвід ліквідації наслідків різних надзвичайних ситуацій.

Operatively rescue service of s. Kharkov is the first public organization which is created on the walks of life of the former USSR in 1989 year, for liquidation of consequences of failures, catastrophes, natural calamities and grant of help suffering. Service has an almost twenty-year experience of liquidation of consequences of different extraordinary situations.

Відповідно до ст. 1 Конституції України Україна є правовою державою. Правова держава – це така держава, в якій все життя нації побудовано на правовій ос-

нові, а органи влади та органи місцевого самоврядування діють виключно в правовому полі.

В ст. 3 Конституції України зазначено, що “людина, її життя, здоров’я і безпека визначаються в Україні найвищою соціальною цінністю”. Для втілення в життя цієї конституційної норми Верховною Радою України за роки незалежності прийнято понад 50 законів України. Для створення механізмів реалізації цих Законів Кабінетом Міністрів України прийнято понад 120 постанов якими затверджені положення та програми у сфері цивільного захисту.

Якщо порівняти кількість законодавчих та нормативних актів у сфері цивільного захисту, що нині діють в нашій державі, із законодавством в інших сферах життя, то можна зробити висновок, що законодавча та виконавча влада приділяє виняткову увагу сфері цивільного захисту.

Правове забезпечення цивільного захисту нині в нашій державі вважається задовільним, воно перебуває в постійному розвитку та вдосконаленості, але ще далеке до вимог сучасності і світових стандартів.

Про те, як втілюються в життя прийняті законодавчі документи ми можемо розглянути на конкретному прикладі, а саме Указі Президента України від 20.11.2007р. за № 1121/2007 “Про невідкладні заходи із забезпечення безпеки дорожнього руху”.

Але спочатку про причини та передумови появи цього Указу.

Проблема аварійності на автомобільному транспорті України набула надзвичайної гостроти в останнє десятиріччя у зв’язку з невідповідністю існуючої дорожньо-транспортної інфраструктури потребам суспільства і держави в безпечному дорожньому русі, та вкрай низькою дисципліною учасників дорожнього руху. Продовжуючи залишатись складною, ситуація з аварійністю багато в чому визначається постійно зростаючою мобільністю населення при існуючому перерозподілі перевезень від транспорту загального користування до приватного, зростаючою диспропорцією між приростом числа автомобілів і приростом протяжності вулично-дорожньої мережі, не розрахованої на сучасні транспортні потоки.

У 2007 році 83,5% ДТП зумовлено порушеннями Правил дорожнього руху водіями, переважно приватного автотранспорту. Основними причинами ДТП, які призвели до смертельних наслідків, є: перевищення безпечної швидкості руху (33,7 % від загальної кількості ДТП); порушення правил маневрування (24,0%); керування транспортом у нетверезому стані (10,3%); порушення правил проїзду перехресть (5,7%) та інше. У містах і населених пунктах відбувається 60%, а на автострадах-40% аварій і катастроф, причому на автострадах автомобілі найчастіше перевертаються, у містах і населених пунктах-зіштовхуються. Наслідки НС на автострадах, як правило, важчі, ніж у населених пунктах і містах. Аналогічна тенденція спостерігалася й у минулих роках.

Згідно з Методикою оцінки і розрахунку нормативів соціально-економічного збитку від ДТП, визнаної провідними державами СНД та світу, величина середнього збитку від загибелі однієї людини складає 440 тис. грн., від поранення – 14 тис. грн., від пошкодження транспортних засобів – 8 тис. грн. У 2007 році в Україні сталося 62909 ДТП, при цьому загинуло 9481 особи, травмовано 77893 людини. Тобто наша держава на дорогах України зазнала збитків за 2007 рік на

суму близько 6 млрд. гривень. А моральні збитки, а діти-сироти? Якими критеріями все це оцінити? Коментарі як то кажуть зайві.

Як вважає керівництво держави оптимальним варіантом розв'язання проблеми підвищення рівня безпеки дорожнього руху та зменшення показника смертельних випадків є реалізація обласних 5-ти річних програм підвищення безпеки дорожнього руху.

Основними напрямками реалізації таких програм є:

1. Удосконалення системи підготовки водіїв.
2. Розвиток та удосконалення профілактичної діяльності з пішоходами та дітьми. Підвищення рівня інформаційного забезпечення у сфері безпеки дорожнього руху. Створення ефективної системи надання екстреної медичної допомоги потерпілим у дорожньо-транспортних пригодах.
3. Удосконалення системи організації й управління дорожнім рухом та контролю за виконанням Правил дорожнього руху.
4. Матеріально-технічне забезпечення обласних управлінь ДАІ МВС України для підвищення безпеки дорожнього руху.
5. Підвищення безпеки пасажирських перевезень.
6. Удосконалення технічного стану доріг і залізничних переїздів та підвищення рівня технічного забезпечення безпеки дорожнього руху (відповідно до нормативів).
7. Удосконалення організації дорожнього руху в містах.

Розглянемо одну з таких програм “Програма підвищення безпеки дорожнього руху в Харківській області на 2008-2012 р. Вона затверджена рішенням 26 сесії обласної ради 5 скликання від 17 квітня 2008р. Харківська область є одним із лідерів по скоєним ДТП. Тільки за останні 5 років зареєстровано 17 519 ДТП з постраждалими (загинуло 2374 особи і 21836 - травмовано). Не будемо повністю аналізувати цю програму, розглянемо один із її напрямків: *розвиток та удосконалення профілактичної діяльності з пішоходами та дітьми, підвищення рівня інформаційного забезпечення у сфері безпеки дорожнього руху, створення ефективної системи надання екстреної медичної допомоги потерпілим у дорожньо-транспортних пригодах.*

Питання розвитку та удосконалення, профілактики та інформаційного забезпечення нам цілком зрозумілі, а ось що стосується створення ефективної системи надання екстреної медичної допомоги потерпілим у дорожньо-транспортних пригодах, читаємо у програмі.

“Медична допомога після ДТП має вирішальне значення для життя більшості з постраждалих в ДТП. З причин надання несвоєчасної і не в повному обсязі медичної допомоги гине близько 13 % постраждалих у ДТП.

Учасники дорожнього руху практично не готові надавати долікарську допомогу. Колісні транспортні засоби часто не укомплектовані належними медикаментами і матеріалами. Лікарняна допомога не надається у повному обсязі через відсутність необхідного фінансування. Не забезпечується поширення інформації, доступної широкому загалу, щодо місця і обсягу отримання медичної допомоги. Все це суттєво віддаляє Україну від європейської норми “Золотої години”.

Водії автобусів, беручи на себе відповідальність за життя 40 – 50 пасажирів, не мають додаткової інформації, щодо розміщення медичних закладів та їх телефонів на маршруті прямування, не мають необхідних медичних засобів та необхідної підготовки стосовно дій в екстремальній ситуації і надання першої медичної допомоги. Це стосується також і працівників ДАІ, медичну підготовку яких теж необхідно удосконалювати, враховуючи, що прибувають вони на місце скоєння ДТП в числі перших.”

І це все – що є в програмі! А де ж про створення ефективної системи екстреної медичної (і не тільки медичної) допомоги постраждалим у ДТП? Я не думаю, що програми інших областей України чимось відрізняються від Харківської.

Трапилося ДТП – є постраждалі й загиблі. Першими приїжджають ДАІ та швидка медична допомога. Якщо постраждалі в тяжкому стані і стиснені уламками автомобіля то професійна діяльність, прибулих на місце ДТП значно ускладнюється. Потім приїжджають пожежно-рятувальні підрозділи МНС, добре коли з великого міста, а якщо на місцевому рівні десь у області? Зразу виникають запитання.

Чим оснащені ці пожежно-рятувальні підрозділи? Чи мають вони навички вилучення постраждалих в таких випадках? Хто, де, коли і як вчив пожежників виконувати АРР при ДТП і які нормативно-правові акти захищають їх професійну діяльність окрім Закону України „Про правові засади цивільного захисту”? Слід також нагадати про відсутність навчально-методичної літератури, посібників та навчальних фільмів на цю тематику!

Як ми можемо говорити про європейські норми і стандарти, коли більшість районних підрозділів ГУ МНС недостатньо оснащені спеціальним обладнанням та спорядженням для ліквідації наслідків ДТП і мають застарілий автотранспорт. Також досі не вирішено питання підготовки і атестації особового складу цих підрозділів.

Для підвищення безпеки на дорогах України необхідно створити в обласних центрах та на загальнодержавних і швидкісних магістралях спеціалізовані рятувальні підрозділи з ліквідації аварій на транспорті. На оснащенні рятувальних автомобілів таких підрозділів повинні бути засоби пожежогасіння, інструменти, обладнання, механізми для піднімання, кантування і переміщення важких предметів, різання різнопрофільного металу, розтискання конструкцій, засоби пошуку постраждалих і автотранспорту, освітлення, засоби зв'язку, захисту, надання першої медичної допомоги постраждалим, їх евакуації, життєзабезпечення роботи під водою, збирання і знезараження небезпечних речовин та інше.

І головне – на державному рівні необхідно створити центр з підготовки рятувальників для ліквідації аварій на транспорті.

На сьогодні сувора дійсність вимагає від *рятувальників*, а точніше від *рятувальників* не тільки професійно володіти сучасним обладнанням і спорядженням, але і дотримуватися міжнародних вимог до концепції і принципів проведення аварійно-рятувальних робіт на транспорті, а саме культури і систематичності в роботі та забезпечення безпеки усіх учасників ліквідації аварійної ситуації.

Кабінет Міністрів України не представив до Ради Національної Безпеки України Національну доповідь про стан техногенної та природної безпеки в

Україні у 2008 році. Тому, як вплинув Указ Президента та прийняті обласні програми на безпеку руху в Україні ми відповісти не можемо, але згідно неофіційних даних – результати тут невтішні.

Як що Вас зацікавили порушені автором цієї статті питання безпеки на автодорогах України, пишіть будь ласка, ми готові до співпраці. Маю надію, що редакцію журналу зацікавлять наші з Вами матеріали на проблемну тематику. З повагою, Куліш Ю.О.

Поступила в редколлегию 15.02.2010

УДК 331.44

Н.Н.СЕРДЮК, ассистент, ХНУРЭ, г. Харьков

ОЦЕНКА ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА ПРИ СОВМЕСТНОМ ДЕЙСТВИИ ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ

В статті розглянута проблема оцінки здоров'я людини при сумісній дії шкідливих чинників виробництва. Розглянута проблема комбінованої, комплексної і поєднаної дії чинників в умовах виробництва, яке може порушувати надійність гігієнічного нормативу, розрахованого на ізольовану дію.

In the article the problem of estimation of health of man is considered at the compatible action of harmful factors of production. A problem is considered combined, complex actions of factors in the conditions of production, which can violate reliability of hygienical norm, counted on the isolated action.

В процессе трудовой деятельности на работающего человека воздействуют факторы производственной среды и трудового процесса, которые могут оказать негативное влияние на здоровье. Не представляет сомнений и тот факт, что полное исключение из производственной среды неблагоприятных факторов невозможно. Это практически невозможно даже в тех производствах, где внедрены передовая технология процесса, современное оборудование, высокая культура производства и отличное медицинское обслуживание. И тем более это недостижимо на отечественных предприятиях в условиях экономического кризиса, отсталой технологии и устаревшего оборудования.

По данным ВОЗ, свыше 100000 химических веществ и 200 биологических факторов, около 50 физических и почти 20 эргономических условий, видов физических нагрузок, множество психологических и социальных проблем могут быть вредными факторами и повышать риск несчастных случаев, болезней или стресс-реакций, вызывать неудовлетворенность трудом и нарушать благополучие, а, следовательно, отражаться на здоровье. Нарушение здоровья и снижение работоспособности рабочих могут обусловить экономические потери до 10 - 20% ВВП. Большинство этих проблем могут и должны быть решены как в интересах здоровья и благополучия работающих, так и в интересах экономики и производительности труда. Так, по оценке Всемирного банка, 2/3 потерянных рабочих лет по профессиональной нетрудоспособности могут быть предотвращены программами по охране и гигиене труда [2].

На протяжении многих лет отечественные и зарубежные ученые в области гигиены труда разрабатывают, апробируют и внедряют принцип регламентирова-

ния уровней действующих неблагоприятных факторов. Разработаны и утверждены предельно допустимые концентрации (ПДК) и предельно допустимые уровни (ПДУ) - это те концентрации и уровни, при действии которых в течение всего трудового стажа гарантируется сохранение здоровья работающих, (за исключением случаев, когда имеется индивидуальная повышенная чувствительность к какому-либо неблагоприятному фактору).

Однако, сказанное справедливо только для тех нормативов, которые прошли клинико-гигиеническую проверку. Кроме того, комбинированное, комплексное и сочетанное действие факторов, имеющее место в условиях производства, зачастую может нарушать надежность гигиенического норматива, рассчитанного на изолированное воздействие [1, 3].

Известно, что к настоящему времени клинико-гигиеническую апробацию прошло не более 30 химических веществ (из более чем 2,5 тысяч, имеющих ПДК). Это обстоятельство, а также то, что только на ограниченном числе предприятий соблюдаются уровни гигиенических регламентов, обуславливают возможность (риск) нарушения здоровья и развития профессиональных заболеваний.

Оценка своего здоровья является естественной поведенческой реакцией человека и сопровождает его с первых дней жизни. В течение жизни человек совершенствует способы оценки здоровья во взаимосвязи с качеством окружающей и производственной среды, создает свои персональные критерии.

Ряд специалистов утверждает, что установить причинно-следственную связь «среда-здоровье» на уровне сегодняшних научных представлений невозможно, так как трудно представить все множество комбинаций разнообразного воздействия фактора на организм и различных вариантов физиологических реакций на это самого организма.

Для оценки состояния проблемы следует затронуть еще один важный аспект - нормирование качества фактора воздействия. Санитарно-гигиеническое нормирование качества фактора, которое является базисом всего гигиенического дела, в последнее время подвергается справедливой критике. Ни в коей мере не умаляя исключительного значения действующей системы нормирования, следует отметить, что в отдельных случаях требования нормативов практически невыполнимы на сегодняшнем уровне научно-технического прогресса. Кроме того, отдельные факторы влияния среды уже характеризуются значительным превышением установленных норм. В таких условиях становится невозможным оценка гигиенической ситуации и прогнозирование ее. Следует помнить, что действующая система нормирования не учитывает комплексного воздействия различных производственных факторов на здоровье человека. Однако было бы неправильным не использовать накопленный десятилетиями опыт отечественных гигиенистов в создании базы гигиенических нормативов. Так, коэффициент гигиенических условий труда \hat{E} определяется по формуле

$$K=(a_1+a_2+\dots+a_n)/n,$$

где a_1, \dots, a_n - индексы соответствия фактических показателей условий труда нормативным, определяемые отношением фактического значения параметра $\Phi\Pi_{n,k}$ нормативному $H\Pi_n$:

$$a_1, \dots, a_n = \frac{\text{ФВП}_{1..n}}{\text{НВП}_{1..n}} \frac{\delta y}{\delta x}$$

К сожалению, существующая практика оценки гигиенической ситуации, основанная на сравнении количественных показателей с нормативными регламентами не отражает истинной картины риска ухудшения здоровья. Это обусловлено следующей причиной.

Основой для установления безопасных уровней воздействия вредных факторов является концепция пороговости вредного действия, постулирующая, что для каждого агента, вызывающего те или иные неблагоприятные эффекты в организме, существуют и могут быть найдены дозы (концентрации), при которых изменения функций организма будут минимальными (пороговыми). Пороговость всех типов действия - ведущий принцип отечественной гигиены.

В целостном организме осуществляются процессы приспособления и восстановления биологических структур, и повреждение развивается только тогда, когда скорость процессов деструкции превышает скорость процессов восстановления и приспособления. В действительности величина пороговой дозы зависит от следующих факторов:

- индивидуальной чувствительности организма,
- выбора показателя для ее определения,
- чувствительности использованных методов.

Так, разные люди по-разному реагируют на одни и те же воздействия. Кроме того, индивидуальная чувствительность каждого человека также подвержена значительным колебаниям. С другой стороны, чем выше чувствительность методов, тем ниже порог. Основной вопрос заключается в оценке вредности таких реакций: действительно ли они вредны или не выходят за пределы колебаний, характерных для нормальной жизнедеятельности.

В связи с вышеизложенным можно предположить, что вероятность неблагоприятного для здоровья эффекта зависит от уровня воздействующей концентрации (дозы) фактора. Таким образом, эффект от действия одного или нескольких вредных факторов можно обозначить некой дозой вредного воздействия на организм. Задача описания всего многообразия и сложности процессов, протекающих в организме, может быть решена на основе фундаментальных закономерностей, которым подчиняются биологические системы. Учитывая ограниченность в настоящее время знаний о механизме процессов, протекающих в организме, а также сложность математического аппарата, применяемого для описания токсических эффектов, очевидно, что получить точное и в то же время достаточно простое математическое выражение, которое связывает величину эффекта с уровнем и продолжительностью воздействия (зависимость доза - время - эффект), можно лишь в рамках определенных ограничений - как по механизму, так и по экспериментальным условиям.

Под дозой вредного воздействия подразумевают накопленную (кумулятивную) сумму неблагоприятных эффектов, вызванных воздействием вредного фактора [4]. В традиционной трактовке кумуляция означает суммирование действия повторных доз загрязнителей окружающей среды, когда последующая доза поступает в организм раньше, чем заканчивается действие предыдущей. Доза вредного

воздействия за определенный интервал времени определяется только воздействием в течение этого интервала и она всегда положительна, то есть рассматриваются только те факторы, которые действуют на организм негативно. Доза вредного воздействия определяется на множестве функций состояния внешней среды рабочего места X как некий оператор $D(x(t); t_1, t_2)$. Если принять на множестве X функционал $\Phi(x(t); t_1, t_2)$ как ухудшение функционального состояния организма, то Φ будет зависеть от D через некую функцию $\gamma(Z)$:

$$\Phi(x(t); t_1, t_2) = \gamma(D(x(t); t_1, t_2)).$$

Для того, чтобы определить суммарную дозу вредного воздействия нужно суммировать дозу вредного воздействия по работникам:

$$D = \sum_{k=1}^S D(x^{(k)}(t); t_1^{(k)}, t_2^{(k)}),$$

где $x^{(k)}(t)$ – вектор параметров вредных факторов для k -го оператора, участвующего в технологическом процессе;

$t_1^{(k)}$ – момент начала участия k -го оператора в техпроцессе;

$t_2^{(k)}$ – момент окончания участия k -го оператора в техпроцессе;

D – количество работников, или же по технологическим операциям:

$$\bar{D} = \sum_i \bar{D}_i,$$

где \bar{D}_i – средняя доза для i -той операции.

Таким образом, D – это показатель эффекта влияния вредных факторов производственной среды технологического процесса на интервале времени $[t_1, t_2]$.

В заключении можно сказать, что на данный момент нет универсального показателя вредности технологического процесса, который бы характеризовал суммарную нагрузку процесса на работающего человека с точки зрения условий труда. Существующие показатели основываются либо на экспертных оценках, либо на статистической обработке информации об уже произошедших несчастных случаях, авариях, профессиональных заболеваниях и т.д. Используя предлагаемый метод можно было бы определить и спрогнозировать изменения условий труда, а также оценить и предсказать негативные последствия изменений условий труда на организм работающего человека. Выбирая D как критерий управления, можно решить задачу управления условиями труда на рабочем месте человека, которая сводится к максимизации времени пребывания человека на рабочем месте $[t_1, t_2] \rightarrow \max$ при условии, что эффект влияния вредных факторов производственной среды будет минимальным или не более нормативного $D \leq D_{\text{норм}}$.

Список літератури: 1. Дзюндзюк Б.В., Наумейко И.В., Сердюк Н.Н. Содержательная модель воздействия нескольких вредных факторов на человека // Радиоэлектроника и информатика. – 2000. – № 3. – С.131-132. 2. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. – М.: Медицина, 1979. – 286с 3. В.А.Крылов, Т.В. Юченкова Защита от электромагнитных излучений М., «Советское радио», 1972. 82–89 с. 4. Дзюндзюк Б.В., Сердюк Н.Н. Модели авто-

УДК 628.33

В. М. ЗАПЛАТИНСЬКИЙ, канд. с.-г. наук, доц., Національний авіаційний університет, м. Київ

БЕЗПЕКА В СТРУКТУРІ ПОТРЕБ ЛЮДИНИ ЗА А. МАСЛОУ

В статті розглядається питання безпеки відносно ієрархії людських потреб запропонованих А. Маслоу. На основі аналізу доведено, що питання безпеки стосуються кожного з рівнів потреб людини. Наведено групи види небезпек характерні для певних рівнів та наслідки їх негативного впливу на людину.

In article safety issues concerning the system of human requirements offered by A.Maslou are considered. On the basis of the analysis it is allocated kinds of dangers characteristic for certain levels of requirements, a consequence of their negative influence for the person. It is proved, that safety issues concern each of levels of requirements of the person.

Актуальність даної статті пов'язана з необхідністю розширення напрямів наукових досліджень в сфері безпеки життєдіяльності людини, удосконалення змісту освіти з безпеки життєдіяльності та основ здоров'я з метою підвищення рівня безпеки, як окремої особи так і суспільства в цілому, досягнення вищого рівня якості життя людей.

При визначенні небезпек життєдіяльності людини, формуванні напрямів наукових досліджень, а також змісту дисципліни "Безпека життєдіяльності" автори досить часто спираються на піраміду потреб А. Маслоу [1].

Побіжний погляд на піраміду потреб показує, що питання безпеки є структурі всіх потреб людини займають лише невелику частку, а саме другий рівень. Складається враження, що питання безпеки в задоволенні тих чи інших потреб не важливі або ж відсутні взагалі. Проте детальний аналіз показує, що такий стан пов'язаний з особливостями ієрархії потреб А. Маслоу, який потреби в безпеці обмежив відчуттям впевненості в завтрашньому дні, позбавленням страху від невдач тощо. З позицій сучасної науки про безпеку життєдіяльності людини це дуже обмежений діапазон.

В системі людських потреб Абрахам Маслоу виділяє сім основних рівнів:

1. Фізіологічний: голод, спрага, сексуальні потреби и т. д.;
2. Безпеки: відчуття впевненості, позбавлення від страху та невдач;
3. Приналежності, любові;
4. Поваги: досягнення успіху, визнання, схвалення;
5. Пізнання: знання, вміння, дослідження;
6. Естетичний: гармонія, порядок, краса;
7. Самоактуалізації: реалізації своїх цілей, здібностей, розвиток власної особистості.

Безпека, як стан, що стосується будь якої діяльності людини не може не спів-

відноситися з кожним рівнем людських потреб. Розглянемо детально кожний рівень потреб людини з точки зору безпеки.

Перший рівень – фізіологічні потреби: спрага, голод, сексуальний потяг. А. Маслоу визначає цей рівень, як рівень забезпечення належного гомеостазу людини та продовження людського роду. Кожен з поданих Маслоу факторів, зокрема, спрагу, голод, холод, спеку слід розглядати, як небезпеки, які можуть привести до загибелі людини, або серйозного погіршення її здоров'я та самопочуття. Крім відмічених небезпек на фізіологічний рівень впливають небезпеки пов'язані з погіршенням навколишнього середовища, а саме: забрудненим повітрям, водою, неякісною їжею, небезпеки умов життя, пов'язані з неможливістю забезпечити належну гігієну, захист від негативних метеорологічних умов. На рівень фізіологічної безпеки можуть негативно впливати інші негативні чинники: механічні, хімічні, електричні, електромагнітні, біологічні тощо. В певному сенсі, до цього рівня слід віднести небезпеки пов'язані з небезпечними явищами та надзвичайними ситуаціями природного, техногенного та соціального характеру, адже вони загрожують самому існуванню людини, як індивіда, можуть негативно вплинути здоров'я та зокрема на репродуктивну функцію.

Питання пов'язані із забезпеченням фізіологічного рівня безпеки є основою дисципліни "Безпека життєдіяльності" і відповідного шкільного предмету "Основи здоров'я". Безпека інших рівнів потреб людини в сучасних наукових дослідженнях, пов'язаних з безпекою людини розкриті, нажаль, значно слабше, що звісно вплинуло на зміст навчальних дисциплін пов'язаних з безпекою.

На другий рівень людських потреб А. Маслоу ставить потреби в безпеці, які визначає як потреби в: стабільності, захисті, свободі від страху, тривоги, хаосу, структурі, порядку, законі, обмеженнях. Маслоу вважає, що потреба в безпеці рідко виступає, як активна сила, вона домінує лише в ситуаціях кризових, екстремальних, спонукаючи організм мобілізувати всі сили для боротьби із загрозою. До критичних та екстремальних ситуацій він відносить війни, хвороби, стихійні лиха, спалахи злочинності, соціальні кризи тощо. [2] Зважаючи на таку інтерпретацію потреб другого рівня, небезпеки, пов'язані з надзвичайними ситуаціями можна було б віднести саме сюди, а не до першого рівня. Проте, детально розглянувши трактування, приходимо до висновку, що другий рівень це рівень який більше стосується психології людини, її очікування стабільності життя, впевненості в завтрашньому дні, відчутті, що людині нічого не загрожує, а старість буде забезпеченою. Недостатня реалізація даного "поверху" потреб викликає тривогу і страхи (біологічні, соціальні, екзистенціальні) [3]. Таким чином до небезпек другого рівня слід відносити негативні психологічні фактори, а прямі небезпеки від надзвичайних ситуацій все таки віднести до першого рівня забезпечення потреб.

Наступний, третій рівень потреб – потреби в приналежності до соціальної групи, потреба в любові. Маслоу вказує, що неможливість задовольнити потребу в любові та приналежності призводить до дезадаптації, а деколи і до більш серйозної патології. На фоні незадоволеної або нерозділеної любові стається велика кількість сімейних драм, що часто закінчуються трагічно (самогубства, вбивства, травмування, психологічні розлади тощо). Нemoжливiсть реалiзувати потребу в

приналежності до певної соціальної групи може спонукати людину до протиправних дій відносно членів такої групи, депресії і т.п. Як і на другому рівні потреб, на третьому спостерігаються переважно небезпеки психологічного характеру.

Неможливість задовольнити наступний, четвертий, рівень потреб, а саме потреби в повазі, визнанні, успіху викликає у людини почуття приниженості, слабкості, беспорядності, яке в свою чергу служать ґрунтом для засмучення, все це запускає компенсаторні та невротичні механізми. Можливі негативні ситуації пов'язані з незадоволенням даного рівня потреб подібні до ситуацій описаних в третьому рівні, а саме до самогубства, девіантної, антисоціальної та кримінальної поведінки. Історія знає немало трагічних прикладів коли в погоні за успіхом, славою, владою люди вдавалися до антигуманних, злочинних дій, розпочинали війни, створювали людиноненависницькі теорії та режими. Фашизм, геноцид засновані на бажанні прославитись, отримати владу. Тероризм, що стрімко поширюється сьогодні є одним з негативних шляхів досягнення задоволення потреб четвертого рівня. Тут ми уже стикаємося не тільки з наслідками незадоволення тієї чи іншої потреби, але й з небезпечними для оточуючих шляхами досягнення задоволення такої потреби окремими людьми. Небезпечні шляхи задоволення потреби можуть бути застосовані і на базових рівнях, проте найсильніше вони проявляються саме на 4 рівні.

Три останніх рівні: пізнання, естетичні та самоактуалізація в загальному випадку називають потребами самовираження, або особистого зростання.

П'ятий рівень потреб, це потреби в пізнанні, в знаннях, вміннях. Наслідки незадоволення даного рівня потреб, крім вже вказаних, можуть прямо впливати на можливість створення активного захисту від різноманітних небезпек для людини. В контексті забезпечення безпеки, людина знаюча та компетентна має можливість визначити більшу кількість небезпек, заздалегідь спрогнозувати їх появу, тим чи іншим чином зменшити наслідки від реалізації небезпек. Водночас реалізація даного рівня потреб сама по собі ще не є гарантом підвищення рівня безпеки самої людини так і її найближчого чи далекого оточення.

Отримані знання та вміння можуть бути направлені людиною і в позитивному і в негативному напрямку. Все залежатиме від моральних принципів, які сповідує людина, недостатнього розуміння наслідків своїх дій, комплексу зовнішніх факторів, що можуть спонукати її до використання знань на шкоду людям. Прикладом є відомі розробники зброї, що згодом виступали за її знищення, наприклад, як академік Сахаров та інші. Недостатня освіченість, особливо у людей, які займають відповідальні посади може призвести до формування рішень, що в подальшому можуть створювати небезпеки для інших людей. Проте це вже швидше наслідки здобуття чи нездобуття знань та компетенцій, а не неможливість чи можливість їх реалізації.

Неможливість задовольнити наступні два рівні потреб естетичні та самоактуалізації призводить до патологічної симптоматики: апатії, втрати сенсу життя, незадоволення собою, загальної соматичної депресії, інтелектуальної деградації тощо. Небезпеки, що виникають в результаті незадоволення останніх двох рівнів потреб також переважно носять психологічний характер.

Перешкоди, що стають на шляху задоволення зовнішніх, несуттєвих бажань,

не загрожують людині нічим суттєвим, в той час, як неможливість задовольнити базові потреби будь-якого рівня несуть загрозу психопатології. Маслоу твердить, що у випадку, якщо людина постійно відчуває вплив тієї чи іншої базової потреби і не може її задовольнити, таку людину не можна вважати здоровою. Ця людина хвора і ця хвороба так само серйозна, як і порушення сольового чи кальцієвого балансу в організмі [2]. Нemoжливiсть реалiзацiї вищих базових потреб штовхає людей на злочини; є основною причиною розвитку шкідливих звичок, а саме наркоманії, алкоголізму, тютюнопаління; є підґрунтям аморальної поведінки, що сприяє поширенню різноманітних захворювань, зокрема, ВІЛ/СНІДу тощо.

Всі небезпеки, що можуть реалізовуватися при намаганні задовольнити певний рівень потреб слід розділити на дві групи. Перша група небезпек, це небезпеки-перешкоди. Реалізація даних небезпек перешкоджає досягненню задоволення тієї чи іншої потреби. Друга група небезпек реалізується внаслідок неможливості досягнути задоволення певної потреби людини, це небезпеки-наслідки. На першому рівні потреб ряд небезпек може прямо призвести до негативних наслідків для людини, адже вони прямо можуть загрозувати її життю та здоров'ю, в той час, як на вищих рівнях небезпеки-перешкоди та небезпеки-наслідки досить чітко розмежовуються. Небезпеки-перешкоди на першому рівні задоволення потреб носять переважно матеріальний характер, це хімічні, біологічні, еkleктичні, електромагнітні, термічні та інші небезпеки, сюди слід віднести різноманітні надзвичайні ситуації негативна дія яких теж проявляється завдяки матеріальним чинникам. Небезпеки-перешкоди на вищих рівнях задоволення потреб можуть бути викликані рядом обставин, а саме: спадковістю, можливими відхиленнями у здоров'ї людини, особливостями її фізіології, характеру, схильностей, географічними, культурними, соціальними та іншими особливостями місця проживання, відсутністю з тих чи інших причин достатніх фінансів, можливостей, які можуть не залежати від самої людини і бути непереборними для неї, впливом найближчого оточення, соціуму, а для найвищих ступенів завищені потреби та бажаннями людини. Небезпеки-наслідки неможливості досягнення реалізації вищих потреб носять, як правило психологічний характер від легких депресій до серйозних психічних розладів. Наслідками цих небезпек є фізіологічні та психічні захворювання – самогубства, девіантна поведінка тощо. За узагальненими даними Міністерства надзвичайних ситуацій [4] в Україні близько 28% всіх смертельних нещасних випадків поза виробничого характеру припадає на самогубства та отруєння алкоголем, що складає майже 20000 осіб на рік.

Окремо слід проаналізувати шляхи досягнення потреб. За умови неможливості досягнути задоволення певної потреби звичайним, традиційним способом людина може вдатися до дій антигуманного, кримінального характеру, причому ця тенденція проявляється на всіх рівнях потреб людини від фізіологічного до самоактуалізації. Тобто, це задоволення потреби будь якою ціною. В таких випадках виникає небезпека для оточення людини, як віддаленого так і найближчого. Таким чином, можна виділити третю групу небезпек пов'язаних з задоволенням потреб людини, а саме небезпеки для оточення. Перелік таких небезпек доволі широкий, сюди відноситься: фізична загроза життю та здоров'ю людей, що може бути реалізована за допомогою різноманітних технічних, хімічних, біологічних,

електромагнітних чи інших факторів; психологічні небезпеки пов'язані з обманом, шантажем, створенням та пропагандою негативних ідей, аморальної поведінки тощо. Ця група небезпек тільки на перший погляд не несе загрози людині, яка їх реалізує, проте, низка психологічних небезпек так чи інакше буде реалізовуватися для самої особи.

Кожний з рівнів потреб може бути задоволений за певний час. Загальна тенденція у задоволенні потреб по рівнях відповідає їх ієрархії у піраміді потреб, тобто вищий рівень, як правило, потребує більше часу для реалізації ніж попередній, хоча починаючи з 4 рівня ця тенденція втрачається. У відповідності до такого підходу, небезпеки можуть бути умовно поділені на дві великі групи: тактичні та стратегічні. Тактичні небезпеки виникають швидко, носять переважно матеріальний характер і їх відвернення чи захист від них не потребує відносно великих проміжків часу. Як правило, це небезпеки-перешкоди першого рівня потреб людини. Всі інші небезпеки можна віднести до стратегічних небезпек. Окрему групу складають небезпеки для сторонніх осіб, адже вони можуть бути реалізовані, як у малі, так і у великі проміжки часу і їх слід розглядати і в питаннях тактичної так і в питаннях стратегічної безпеки. Найголовнішим є вивчення можливості запобігання формування умов для виникнення таких небезпек.

Висновки

Аналіз потреб людини за А. Маслоу показав, що на кожному з рівнів існують відповідні небезпеки і таким чином питання безпеки стосується не лише другого рівня потреб, а усіх семи рівнів. Небезпеки, які виникають при реалізації потреб можуть бути віднесені до трьох груп, небезпеки-перешкоди, які заважають реалізації відповідної потреби; небезпеки-наслідки, які негативно впливають на людину у випадку неможливості задовольнити потребу та небезпеки для оточуючих, що виникають при виборі особою аморальних і негуманних шляхів задоволення потреби. Разом з тим, всі небезпеки у відповідності до часових проміжків реалізації потреб можуть бути поділені на тактичні та стратегічні небезпеки.

Підхід до забезпечення потреб людей з точки зору безпеки дозволить виявити суттєві небезпеки, що виникають протягом життя людини, що в свою чергу дозволить завчасно відвернути їх, чи хоча б зменшити наслідки їхнього прояву. В результаті можна буде підвищити рівень безпеки життя людей, а отже і якість їхнього життя.

Список літератури: 1. Піраміда потребностей по Маслоу. Доступно в Інтернеті: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>. 2. Маслоу А. Мотивация и личность. СПб.: Евразия, 1999. – С.77–105. 3. ЩЕРБАТЫХ Ю.В. Піраміда потребностей Абрахама Маслоу как образец универсальной междисциплинарной концепции в гуманитарных и экономических науках. Сайт: "No-stress, Скажем стрессу - НЕТ!". Доступно в Інтернеті: <http://www.no-stress.ru/articles/potrebn-konf.html> 4. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2008 році. http://www.mns.gov.ua/annual_report/2009/7_2.pdf.

Поступила в редколлегию 21.02.2010

І. В. УРЯДНІКОВА, канд. техн. наук, доцент, ОНПУ, м. Одеса
В. Г. ЛЕБЕДЄВ, докт. техн. наук, професор, ОНПУ, м. Одеса

ПЛАНУВАННЯ РИЗИКІВ ПРИ РОБОТІ БЛОКІВ СИСТЕМ ВОДООЧИЩЕННЯ

Досліджена робота систем водоочищення в теплоенергетиці. Встановлено, що при відмовленнях різних блоків систем водоочистки, а також при їхній штатній роботі виникають значні ризики. Це пов'язано з природною інерційністю робочих процесів, блоків системи водоочистки, зі зміною вхідних параметрів води, що надходить на очищення, з коливаннями активності реагентів і від деяких інших причин. Це дає можливість досліджувати різні технології водоочищення і визначати ризики, що виникають при їхньому використанні.

The research of work of the systems of water purification in heat power energetic is made. It is set that at the refuses of different blocks of the systems of water purification, and also during their regular work there are considerable risks. It is related to natural inertia of workings processes of blocks of the system of water purification, with the change of entry parameters of water which acts on cleaning, with the variations of activity of reagents and to some other reasons. It enables to probe different technologies of water purification and determine risks which arise up at their use.

У наш час у промисловій теплоенергетиці відбувається збільшення потужностей, що веде до суттєвого зростання забруднення атмосфери, ґрунту й водного басейну України. Удосконалення існуючих, створення нових, екологічно безпечних технологічних процесів та устаткування, які забезпечують дотримання норм шкідливих впливів на довкілля, дозволить створити умови збереження здоров'я людини, забезпечення сталого соціально-економічного розвитку та потенціалу держави, збереження й відновлення довкілля.

Система водоочищення є однією з найважливіших систем, що забезпечують нормальну роботу ТЕЦ і ТЕС. Будь-які збої в системі водоочищення ТЕС і ТЕЦ негайно позначаються як на “вході”, при надходженні води в енергоагрегати, так і на “виході”, при скиданні використаної води в екосистему. Незважаючи на численні роботи, присвячені оцінці, розрахункам і керуванню ризиками, питання розрахунку і керування ризиками в системах водоочищення, використовуваних у теплоенергетиці і вплив цих ризиків на екологічну безпеку довкілля практично не висвітлене, у той час, як це питання має велике народногосподарське значення.

Якість очищеної води, що надходить із системи водоочистки, характеризується змістом в ній зважених і розчинених домішок, що нормуються відповідними стандартами. Оскільки абсолютно точно задані характеристики витримати неможливо, то вони нормуються відповідними межами, тобто найбільшим чи найменшим припустимим значенням концентрацій, причому нижнє значенні концентрації може бути в ідеалі дорівнювати нулю. Можна сказати, що якість води нормується асиметричним допуском.

Усі блоки системи водоочистки працюють з якимись похибками, що підсумовуються і забезпечують результуючу величину зважених і розчинених домішок.

У такий спосіб погрішності роботи всіх блоків переносяться на результуючу величину. Математично це можна виразити так [1,2]:

$$\delta_{рез} = \sum_1^n \delta_n \quad (1)$$

де $\delta_{рез}$ - результуюче коливання концентрації і δ_n - похибка, що виникає при роботі n-го блоку системи водоочистки.

У цьому випадку виникає задача визначення величини припустимої похибки роботи складових блоків системи водоочистки, виходячи з заданого коливання результуючої величини.

Якщо допустити, що всі блоки працюють з однаковою погрішністю, то припустима величина похибки кожного блоку буде:

$$\delta_{блока} = \frac{\delta_{рез}}{n} \quad (2)$$

З огляду на цю обставину, необхідно в кожному конкретному випадку визначити чи можуть окремі блоки забезпечити заданий ступінь водоочистки чи постановка такої задачі є технічно нереальною.

Якщо розглянути галузь “очищення казанової води“, то можна бачити, що вона складається з 6-ти ланок. Відповідно до вираження (2) точність підтримки параметрів води, забезпечуючи кожною ланкою повинна бути:

$$\delta_{блока} = \frac{\delta_{рез}}{6} \quad (3)$$

Якщо вихідний ступінь очищення повинен складати 0 – 10 мг/л, то якість води, що повинна забезпечуватися кожним блоком, повинна бути не більш $10/6 = 1,66$ мг/л, що технічно важкодосягаєме й економічно дорого.

Усі перераховані вище розуміння справедливі, якщо думати, що всі блоки даної галузі водоочищення будуть чи підтримувати максимально припустиме значення концентрації чи мінімальне значення концентрації.

На практиці, сполучення концентрацій, що забезпечуються блоками системи, практично ніколи не буває по найбільшому чи за найменшим значенням. Це надає право застосувати імовірностний закон підсумовування концентрацій, з обліком деякого припустимого ризику. У цьому випадку вираження (1) може бути перетворено, відповідно до [1], у вираження:

$$\delta_{системи} = t \cdot \sqrt{\sum_1^{m-1} \lambda^2 \cdot \delta_i^2} \quad (4)$$

де $\delta_{системи}$ - похибка роботи системи, δ_i – похибка роботи i-го блоку системи, t - коефіцієнт ризику, λ - відносне середньоквадратичне відхилення, що характеризує закон розсіювання похибки роботи i -го блоку.

Якщо умовно покласти, що похибка роботи блоків однакова, то вираження (4) буде мати вигляд:

$$\delta_{системи} = t \cdot \sqrt{n \cdot \lambda^2 \cdot \delta_i^2} \quad (5)$$

відкіля

$$\delta_i = \frac{\delta_{системи}}{t \cdot \lambda \cdot \sqrt{n}} \quad (6)$$

Таким чином, з огляду на імовірність похибки підтримки концентрації проміжними блоками системи і вводячи деякий припустимий коефіцієнт ризику, можна

значно знизити точність підтримки концентрації кожним окремим блоком практично без порушення точності підтримки концентрації всієї системи в цілому.

Як видно з викладеного матеріалу, при відмовленнях різних блоків систем водоочистки, а також при їхній штатній роботі виникають значні ризики різного характеру, імовірність і величина яких визначена вище.

Однак цим питання виникнення різних ризиків не вичерпується. Як показує аналіз даного питання, ризики можуть виникати і при штатній роботі системи водоочищення. Це пов'язано з природною інерційністю робочих процесів, блоків системи водоочистки, зі зміною вхідних параметрів води, що надходить на очищення, з коливаннями активності реагентів і від деяких інших причин.

Розгляд і аналіз даних обставин можливо тільки в тому випадку, якщо робочі процеси, що мають місце при роботі системи водоочистки розглядати, як ланки єдиної системи робочого процесу, причому ця система може бути як замкнутою так і розімкнутою. Таким чином, необхідно розглядати ланки системи, що представляють не блоки, а її робочі процеси.

Це дає можливість досліджувати різні технології водоочищення і визначити ризики, що виникають при їхньому використанні.

Висновки

1. При досить частій зміні концентрації на вході чи при зміні активності робочих процесів водоочищення, частка забрудненої води при роботі установки водоочищення в штатному режимі, може бути досить велика і перевищувати звичайно прийнятну припустиму величину 1 - 2 %, що зв'язано з природною інерційністю робочих процесів.

2. Зміна концентрації води у водоприймачі відбувається значно повільніше чим на виході власне установки, при будь-якому методі водоочищення. Результати по зміні концентрації води у водоприймачі, можна прийняти як основу для розрахунку ризиків, оскільки при збільшенні обсягу водоприймача, істотно змінюються динамічні характеристики всієї системи водоочищення.

3. Виходячи з результатів моделювання роботи системи коагуляційного і електрокоагуляційного очищення води, видно, що при штатній роботі системи, при досить частих змінах концентрації на вході (що в більшості випадків відповідає дійсності) ризик одержання недоочищеної води є значним.

4. Для системи коагуляційного і електрокоагуляційного очищення води середньої продуктивності 40 м³/годину, ризик одержання забрудненої води на виході системи складає приблизно 28242 м³/рік, тобто 0,08. Це значна величина, яку необхідно враховувати для оцінки економічних і соціально-екологічних ризиків, оскільки вона перевищує 0,01 ризику, що звичайно допускається при роботі.

5. При роботі систем водоочистки ТЕС і ТЕЦ виникають різноманітні техногенні ризики, які погіршують стан екологічної безпеки довкілля. Причинами цих ризиків є відмови блоків і елементів систем водоочистки, часткові відмови і нештатна робота систем водоочистки і ризики при штатній роботі систем водоочистки, як наслідок фізико – хімічних принципів на яких вони працюють. Ці події є ймовірними сумісними. Сумарна ймовірність цих подій, одержується згідно законів теорії ймовірності. Розрахунки і аналіз показують, що у дійсний час,

більша частина систем водоочистки може реалізовувати ризики ймовірності 0,03 з часом надходження неочищеної води на вихід системи 2,5 – 3 % , від часу експлуатації.

Список літератури: 1. Маталин А.А. Технология машиностроения / Андрей Александрович Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985 – 512 с. 2. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов / Владимир Ефимович Гмурман. – М.: Высшая школа, 1977. – 479 с.

Поступила в редколлегию 21.02.2010

В.М. СТРЕЛЕЦ, канд. техн. наук, НУГЗУ

М.В. ВАСИЛЬЄВ, ад'юнкт НУГЗУ

Д.О. СТЕЛЬМАХ, курсант НУГЗУ

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СПАСАТЕЛЕЙ В ИЗОЛИРУЮЩИХ КОСТЮМАХ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ С ВЫБРОСОМ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Запропоновано метод для обґрунтування вимог до засобів індивідуального захисту від газоподібних та рідких хімічних речовин. Показано, що комбінація сертифікованого ізолюючого костюму та любого ізолюючого апарату, який знаходиться всередині захисного одягу, забезпечує безпеку рятувальників в найгірших умовах надзвичайної ситуації.

The method of substitution requirements for the combinations of individual protection against the liquid chemicals is proposed. It is shown that the combination of certified insulating suit and any SCBA, which is located inside the protective clothing, ensures the safety of the rescuers in the worst conditions.

Постановка проблеми. Реализация положений Закона Украины "О правовых основах гражданской защиты" поставила новые задачи перед пожарно-спасательными подразделениями. Одной из новых задач является участие личного состава в ликвидации чрезвычайных ситуаций, условия которых существенно отличаются от наихудших условий пожара. Характерным примером этого является работа по ликвидации аварий с выбросами опасных химических веществ (ОХВ).

Анализ последних достижений и публикаций показал, что вопросы обеспечения безопасности спасателей в таких условиях в Украине исследовались, в основном, применительно к средствам индивидуальной защиты органов дыхания. Так, в [1] отмечено, что окружающий воздух может попасть внутрь системы «изолирующий аппарат – органы дыхания человека» как в результате негерметичности самого аппарата, так и неплотности присоединения лицевой части, т.е. подсосы в результате этих причин могут суммироваться. В [2] показано, что тактико-технические характеристики изолирующих аппаратов (ИА) существенно влияют на герметичность системы, и отмечена высокая эффективность аппаратов на сжатом воздухе (АСВ), оснащенных масками с подпором воздуха в подмасочное пространство. Тем не менее, вопросы работы газодымозащитников при этом в изолирующих костюмах (ИК) не рассматривались.

Не приведены количественные показатели о том, когда и в каком костюме работать и в приказе МЧС № 733 от 13.10.2008 [3], который регламентирует порядок выбора защитной одежды для проведения аварийно-спасательных работ во время ликвидации чрезвычайных ситуаций с выбросами ОХВ. Его анализ показал, что разработчики, указав зону, внутри которой надо работать в ИК (для аммиака она, например, составляет 800 м), предписывают работу в костюмах (на выбор спасателей) разных модификаций, которые существенно отличаются даже внешне (в первую очередь тем, где должен находиться ИА – внутри или снаружи костюма).

За рубежом результаты исследований работы в ИК обобщены в стандартах. В частности, в США принят стандарт NFPA 1991 [4], в котором защитная одежда делится на четыре уровня. При этом ИК уровня А обеспечивают защиту от прямого воздействия опасного вещества. Характерной особенностью костюмов этого типа является то, что ИА находится в подкостюмном пространстве и там создается избыточное давление. Для костюмов уровня В последний эффект места не имеет, даже если ИА и находится также внутри костюма. Аналогичная ситуация имеет место и в Европе, где защитная одежда делится на шесть типов. Однако анализ стандартов PrEN 943[5] и PrEN1511 [6] показывает, что они достаточно сильно коррелируют с уровнями, которые используются в США. Тем не менее, конкретные количественные показатели в них также не приведены.

В Российской Федерации вопросы защиты личного состава, принимающего участие в ликвидации последствий аварий, рассмотрены в [7,8,9], где отмечено, что выбор комплекса средств индивидуальной защиты (КСИЗ) и порядка его использования производится в зависимости от характера и масштабов аварии. При отсутствии информации об аварийно химически опасных веществах и степени загрязнения внешней среды используют средства индивидуальной защиты изолирующего типа. При этом конструктивные особенности применительно к условиям работы не детализируются, хотя в соответствии с [4,5,6] именно местонахождение ИА является внешним признаком, по которому можно отнести костюм к такому, который позволяет работать внутри наиболее опасной зоны.

Постановка задачи и ее решение. Исходя из вышеизложенного, была поставлена задача обоснования рекомендаций, реализация которых обеспечит безопасную работу спасателей в ИК при выполнении основных задач в наиболее опасной зоне (с точки зрения концентрации сильно действующих химических веществ первой).

Учитывая то, что ИА, который защищает органы дыхания, может находиться или внутри (и в этом случае токсическая опасность окружающего воздуха будет уменьшаться как защитными свойствами костюма, так и защитными свойствами ИА), или снаружи ИК (в этом случае токсическая опасность для спасателя определяется тем коэффициентом защиты костюма или аппарата, который является меньшим), общий коэффициент защиты может рассматриваться как

$$K_3 = \begin{cases} K_3(ИА) \cdot K_3(ИК), & \text{если изолирующий аппарат} \\ & \text{находится внутри костюма,} \\ \min(K_3(ИА); K_3(ИК)), & \text{если изолирующий аппарат} \\ & \text{находится снаружи костюма,} \end{cases} \quad (1)$$

где $K_3(ИА)$ - коэффициент защиты изолирующего аппарата;

$K_3(ИК)$ - коэффициент защиты изолирующего костюма.

Поскольку в соответствии с [10] защитные свойства материала для ИК должны обеспечивать защиту газообразного хлора с массовой концентрацией $C_m = 70 \text{ мг/л}$, а предельно допустимая концентрация хлора в рабочей зоне [3] равна $C_{ПДК}(\text{Cl}) = 1 \text{ мг/м}^3$,

$$K_3(ИК) \geq \frac{C_m}{C_{ПДК}(\text{Cl})} = 7 \cdot 10^4. \quad (2)$$

ИА в сборе с лицевой частью в соответствии с [1] должны обеспечивать $K_3(ИА) \geq 5 \cdot 10^3$. Таким образом, видно, что, когда ИА одет поверх ИК, в общем случае в вопросах обеспечения безопасности надо ориентироваться на защитные свойства аппарата.

Это позволяет определить те значения массовых концентраций опасных химических веществ, при которых работа спасателей становится опасной для их здоровья. В частности, в случае ликвидации аварий, связанных с выбросом хлора, массовая концентрация, выше которой нельзя работать, будет равна

$$C_m(Cl) \leq K_3(ИА) \cdot C_{mПДК}(Cl) = 5 \cdot 10^3 \text{ мг/м}^3 = 5 \text{ мг/л}, \quad (3)$$

что соответствует объемной концентрации

$$V_{\%}(Cl) = \frac{22.4 \cdot C_m(Cl)}{10 \cdot M(Cl)} = \frac{22.4 \cdot 5}{10 \cdot 2 \cdot 35.4527} \approx 0.16\%, \quad (4)$$

где 22,4 – число Авогадро; M – молекулярная масса вещества.

Аналогичная ситуация будет иметь место и при работе в зоне, зараженной аммиаком: $C_m(NH_3) \leq 10^5 \text{ мг/м}^3 = 100 \text{ мг/л}$; $V_{\%}(NH_3) \leq 13.15\%$.

В [2] показано, что в АСВ в случае их оснащения шлем-масками или легочными автоматами 3 типа (которые создают избыточное давление в подмасочном пространстве) резко повышаются защитные свойства:

$$K_3(ИА) \geq \begin{cases} 2,25 \cdot 10^5, & \text{если АСВ оснащен шлем-маской;} \\ 2,84 \cdot 10^5, & \text{если АСВ оснащен ЛА 3-го типа.} \end{cases} \quad (5)$$

Учитывая (2), в этом случае необходимо ориентироваться на защитные свойства ИК

$$C_m(Cl) \leq K_3(ИК) \cdot C_{mПДК}(Cl) = 7 \cdot 10^4 \text{ мг/м}^3 = 70 \text{ мг/л}; \quad (6)$$

$$V_{\%}(Cl) = \frac{22.4 \cdot C_m(Cl)}{10 \cdot M(Cl)} = \frac{22.4 \cdot 70}{10 \cdot 2 \cdot 35.4527} \approx 2.24\%. \quad (7)$$

Видно, что и в этой ситуации нельзя работать в ИК, которые предполагают расположение ИА снаружи.

В то же время, аналогичные расчеты для аммиака показывают

$$V_{\%}(NH_3) = \frac{22.4 \cdot K_3(ИК) \cdot C_{mПДК}(NH_3)}{10 \cdot M(NH_3)} > 100\%, \quad (8)$$

что свидетельствует о возможности проведения аварийно-спасательных работ в очаге выброса аммиака личным составом в ИК, поверх которых находятся АСВ, оборудованные шлем-масками или панорамными масками с легочными автоматами 3-го типа.

Для рассмотрения особенностей обеспечения безопасности спасателей после анализа Приложения Б ГОСТа Р 22.9.05-95 [91] была выбрана ситуация, предполагающая концентрацию хлора $C_{m\max}(Cl) = 3600 \text{ мг/л}$, которую должны обеспечить КСИЗ первого типа. Такие комплексы предназначены для обеспечения безопасности работ, проводимых в условиях максимально возможных концентраций ОХВ и контакта с их жидкой фазой.

В этом случае КСИЗ должен обеспечить

$$K_3 \geq \frac{C_{m\max}(Cl)}{C_{ПДК}(Cl)} = 3.6 \cdot 10^6. \quad (9)$$

Поскольку в соответствии с (7) комбинацию ИК и ИА, когда последний находится снаружи, использовать нельзя, используя (1), определим требования к коэффициенту защиты ИА, когда он находится внутри костюма

$$K_3(ИА) \geq \frac{K_3}{K_3(ИК)} = \frac{3.6 \cdot 10^6}{7 \cdot 10^4} \approx 0.52 \cdot 10^2 \ll 5 \cdot 10^4. \quad (10)$$

Из (10) видно, что первый уровень защиты обеспечивает комбинация сертифицированного изолирующего костюма и любого изолирующего аппарата, находящегося внутри защитной одежды.

Выводы:

- предложен подход, обеспечивающий анализ защитных средств для спасателей, которые работают в условиях воздействия максимально возможных концентраций опасных химических веществ и контакта с их жидкой фазой;
- показано, что в настоящее время для количественной оценки комплексов средств индивидуальной защиты целесообразно использовать количественные показатели, приведенные в нормативных документах Российской Федерации;
- отмечено, каким образом можно определить максимальные концентрации опасных химических веществ, при которых можно работать в комплексах средств индивидуальной защиты, предполагающих нахождение изолирующего аппарата снаружи изолирующего костюма;
- показано, что комбинация сертифицированного изолирующего костюма и любого изолирующего аппарата, находящегося внутри защитной одежды, обеспечивает безопасность спасателей в наихудших возможных условиях чрезвычайной ситуации.

Список литературы: 1. Диденко Н.С. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ. – М.: Недра, 1984. – 296 с. 2. Стрілець В.М. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Основи створення та експлуатації – Харків, АПБУ, 2001. – 117 с. 3. Наказ МНС від 13.10.2008 N 733 "Про затвердження Рекомендацій щодо захисту особового складу підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків аварій за наявності небезпечних хімічних речовин (аміак, хлор, азотна, сірчана, соляна та фосфорна кислоти)". 4. NFPA 1991 - Standard on Vapor-Protective Ensembles for Hazardous Materials Emergencies, 2005 Edition – 52pp. 5. prEN 943-1:2002 - Protective clothing against liquid and gaseous chemicals, including liquid aerosols and solid particles Part 1: Performance requirements for ventilated and non-ventilated "gas-tight" (Type 1) and "non-gas-tight" (Type 2) chemical protective suits. 6. prEN 1511: Liquid chemicals for limited life/use (liquid-tight) Type 3 equipment. 7. Методические рекомендации по ликвидации последствий радиационных и химических аварий// Часть 2. Ликвидация последствий химических аварий/ В.А. Владимиров, А.Г. Лукьянченков, К.Н. Павлов, В.А. Пучков, Р.Ф. Садиков, А.И. Ткачев. Под общей ред. доктора технических наук В.А. Владимирова. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС, 2004. – 340 с. 8. Средства индивидуальной защиты./ Справочное пособие./ Под общей редак. Докт техн. наук С.Л. Каминского. – Ленинград, Химия, 1989. – 347 с. 9. ГОСТ Р 22.9.05-95. Комплексы средств индивидуальной защиты спасателя. Общие технические требования. 10. НПБ 162-97. Специальная защитная одежда пожарных изолирующего типа. Общие технические требования. Методы испытаний.

Поступила в редколлегию 23.02.2010

А.Н. ГОРЯИНОВ, канд. техн. наук, доц., ХНАГХ, г. Харьков
Г.В. ЧЕРКАСОВА, студент, ХНАГХ, г. Харьков

ВЫДЕЛЕНИЕ ГРУПП ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Розглянуті питання виділення груп потенціалів в рамках підприємства. Представлена схема взаємозв'язків потенціалів підприємства і показників транспорту. Приведена залежність визначення потенціалу підприємства.

The questions of selection of groups of potentials are considered within the framework of enterprise. The chart of intercommunications of potentials of enterprise and indexes of transport is presented. Dependence of determination of potential of enterprise is resulted.

1. Введение

Повышение эффективности работы транспорта тесно связано со стратегиями предприятия и использованием его потенциала. Потенциал предприятия чаще всего раскрывается через совокупность таких характеристик: реальные возможности, объем ресурсов и резервов.

Важное значение при рассмотрении работы транспорта в рамках предприятия имеет развитие логистики. В настоящее время логистика охватывает большинство процессов деятельности предприятия, начиная с обеспечения ресурсами предприятия и заканчивая поставкой готовой продукции потребителям. Это обусловило появление такого вида анализа, как анализ логистического потенциала предприятия. Для проведения анализа логистического потенциала предприятия необходимо наличие набора специальных знаний и методических приемов, связанных с исследованием стратегических возможностей предприятия [1].

Наряду с этим остается недостаточно изученным вопрос определения и использования транспортного потенциала предприятия (системы), его классификация и рассмотрение при проведении диагностических процедур. Определение такого потенциала может положительно влиять на конкурентоспособность предприятия [2]. Учитывая близость вопросов логистики и транспорта, можно говорить об актуальности проведения исследований в этом направлении.

2. Анализ публикаций

Проведенный анализ информационных источников позволяет говорить о том, что вопросам транспортного потенциала уделяется недостаточно внимания. Это можно объяснить, прежде всего, преобладанием в теории и практике транспорта стереотипных подходов к его рассмотрению. В тоже время существует достаточно большой объем данных, который используется для оценки деятельности предприятия, в том числе при перевозке грузов и пассажиров. В частности, в [2] основное внимание сосредоточено на конкурентной способности автотранспортного предприятия. В качестве основных факторов конкурентоспособности автомо-

бильных транспортных услуг выделяются их качество и цена. В [3] внимание обращено на планирование самого управления предприятия. Представлена информация о процессе разработки и обеспечения выполнения основных показателей деятельности отдельных объединений, отраслей в целом. Действенность системы показателей определяется рядом требований, например, таких как обеспечение повышения эффективности и качества производства, обеспечение единства и сопоставимости плановых показателей с данными учета и статистики.

В указанных источниках предоставлена информация о показателях работы транспортного предприятия, отдельных видах работ, которые выполняются на предприятии. Однако обобщения представленной информации до уровня потенциала в указанных источниках не приведено. В то же время существуют определенные исследования, которые описывают виды классификаций потенциала (например, [4]), однако вопросы оценки транспортного потенциала освещены недостаточно. В [4] указано, что для эффективного функционирования и обеспечения конкурентоспособности предприятия и других субъектов хозяйствования необходимо развивать материально-технические, структурно-функциональные, социально-трудовые и другие элементы потенциала.

Следует отметить, что в литературе встречается такое понятие как «внетранспортный эффект» (например, [5]), который характеризует эффективность развития транспорта с учетом уровня обслуживания потребителей. В современных условиях данный термин может быть использован при рассмотрении потенциальных возможностей как самого транспорта, так и систем, участником которых он является.

По результатам проведенного анализа можно делать вывод о необходимости более детального изучения вопросов потенциала в системах транспорта.

3. Цель и постановка задачи

Целью данной работы является формирование групп потенциалов при рассмотрении систем с участием транспорта.

4. Результаты исследования

Изучение потенциала транспорта должно проводиться во взаимосвязи с соответствующими системами оценок, управления, планирования и т.п. В рамках данной работы примем за основу диагностический подход к рассмотрению систем транспорта. Данный подход на транспорте можно охарактеризовать, как эволюционное продолжение развития систем познания объектов различной природы. Диагностика транспорта (систем транспорта) является новым направлением и находится в стадии формирования своей методологической базы, основой которой являются знания смежных наук (экономическая диагностика, техническая диагностика и др.).

В рамках решения поставленной задачи, руководствуясь данными [1] о целях исследования ресурсов и возможностей предприятия, [6] про черты потенциала предприятия и основные показатели деятельности автотранспортного потенциала предприятия [7], можно составить следующую принципиальную схему взаимосвязей групп потенциалов и показателей работы транспорта – рис.1.



Рис. 1 – Принципиальная схема взаимосвязей характеристик потенциала предприятия и показателей транспорта (на основании [1, 2, 4, 6, 7])

К группам характеристик потенциала транспортного предприятия могут относиться: 1) реальные возможности (возможности транспортных средств, коллектива предприятия и др.); 2) ресурсы и резервы (финансовые ресурсы, резервы транспортного парка и др.); 3) навыки разных категорий персонала (категории водителей, специализация управленческого персонала, диспетчеров и др.); 4) форма предпринимательства и организационная структура (система отделов предприятия, филиалов, подразделений и др.). Этот перечень может корректироваться и дополняться.

Перечислив основные показатели деятельности предприятия и транспорта можно составить следующую зависимость транспортного потенциала предприятия (P) в общем виде:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + \dots + P_i, \quad (1)$$

где P_1, P_2, P_3, P_4, P_i - группы транспортного потенциала предприятия по основным показателям работы транспорта. Для рассмотренных групп потенциалов (рис.1) можно расписать выражение (1) следующим образом:

$$P = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) + f_2(y_1, y_2, \dots, y_m) + f_3(z_1, z_2, \dots, z_a) + f_4(b_1, b_2, \dots, b_k), \quad (2)$$

где x_1, x_2, \dots, x_n - показатели транспорта, которые входят в группу характеристик потенциала предприятия «Реальные возможности»; y_1, y_2, \dots, y_m - показатели транспорта, которые входят в группу характеристик потенциала предприятия «Ресурсы и резервы»; z_1, z_2, \dots, z_a - показатели транспорта, которые входят в группу

характеристик потенциала предприятия «Навыки разных категорий персонала»; b_1, b_2, \dots, b_k - показатели транспорта, которые входят в группу характеристик потенциала предприятия «Форма предпринимательства и организационная структура».

Затрагивая группу потенциала «Ресурсы и резервы», следует отметить, что на транспорте существует опыт выделения статических и динамических резервов. Такое деление встречается в работах по железнодорожному транспорту. В частности, в [8] представлено четыре рода динамических резервов – табл. 1. Примечательным является использование такого термина как «структурная технология». Следует в дальнейшем проследить связь данной технологии с технологиями транспорта и технологиями внешних систем (например, логистических систем). В работе [8] указано на следующую взаимосвязь резервов - неразвитость динамических свойств транспорта требует для выполнения функции бункера значительных статических резервов, и что учет функции бункера ставит новые задачи перед транспортом. В этой связи можно говорить о тесной связи вопросов потенциала с вопросами логистики. Поэтому изучение вопросов транспортного потенциала и диагностики на транспорте должно учитывать эту связь.

Таблица 1 – Характеристика динамических резервов (на основании [8])

Вид резерва	Условия возникновения	Реализация
ДР*-1	При гибком взаимодействии однородных потоков	Восполнение недостатка в одних струях за счет избытка в других
ДР-2	При взаимодействии неоднородных струй, использующих одни и те же устройства	С одной струи на другую как бы перебрасываются межоперационные простои. Ускорение пропуска одной струи приводит к появлению единовременного избытка. Вторая струя при замедлении поглощает всплеск вагонов
ДР-3	При управляемом взаимодействии поставщика и потребителя между собой и транспортом	Производственная подсистема начинает играть активную роль во взаимодействии с транспортом
ДР-4	При гибких изменениях параметров структуры транспортной системы за счет технологии, т.е. при использовании структурной технологии	

ДР* - динамический резерв

5. Выводы

Перспективным является рассмотрение транспортного потенциала в рамках диагностического подхода и с учетом логистической концепции. Представлена в первом приближении группировка показателей работы транспорта по основным группам характеристик потенциала предприятия и зависимость определения

транспортного потенциала. В дальнейшем целесообразно исследовать качественные и количественные характеристики транспортного потенциала предприятия.

Список литературы: 1. Неверова Е. В. Методика анализа логистического потенциала промышленного предприятия [Текст] / Экономика транспорта – 2007 – С. 48 - 54. 2. Шинкаренко В. Г., Криворучко О. Н. Оценка и анализ конкурентоспособности и качества автотранспортных услуг [Текст]. Х.: ХНАДУ, 2001. – 124 с. 3. Игнатенко Е. Б., Щетина В. А. Совершенствование показателей деятельности объединений автомобильного транспорта в условиях полного хозяйствования [Текст]. – М: Транспорт, 1988г. – 144 с. 4. Федонин О. С., Репина И. М., Олексюк О. И. Потенциал предприятия: формирование и оценка [Текст]. — К.: КНЕУ, 2004. — 316 с. 5. Комаров А.В. Принципы эксплуатации высокоэффективной транспортной системы СССР [Текст] / Вопросы совершенствования комплексной эксплуатации транспорта. Труды ИКТП. Вып.49. Отв.ред. А.В.Комаров. – М.:ИКТП, 1975. – С.7-46. 6. Хуанг Т. Т. Производственный потенциал полиграфических предприятий и эффективность его использования в условиях рынка [Текст]: Дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05. М, 2001. - 181 с. 7. Анисимов А. П., Юфин В. К. Экономика, организация и планирование автомобильного транспорта [Текст]. – М.: Транспорт, 1986. – 248 с. 8. Козлов П.А., Бугаев А.В. Двойственная сущность транспорта и проблема взаимодействия промышленных и магистральных дорог [Текст] / Научно-технический прогресс в развитии станций и узлов. Межвуз. сб.науч.тр. Вып.829. Под общ.ред. В.М.Акулиничева. – М.:МИИТ, 1990. - С.87-89.

Поступила в редколлегию 13.04.2010

УДК 519.681

Д.А. ДЁМИН, канд. техн. наук, доцент, НТУ «ХПИ», г. Харьков

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРО-ПЛАВКОЙ С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

У статті описано методику параметричної ідентифікації факторів нестабільності технологічного процесу плавки, за результатами якої стає можливим вибір обґрунтованих рішень щодо управління плавкою.

The method of authentication of factors of instability of technological process of melting on results which the choice of the grounded decisions becomes possible about a management melting is described in the article.

Введение.

Принятие решений о выборе управляющих воздействий в процессе электроплавки зачастую сталкивается с неопределенностью, связанной с отсутствием точных данных о качестве шихты. К материалам, вносящим фактор неопределенности (так называемая «наследственность» шихты) относятся передельные чугуны, литейные чугуны, чугунный лом и стальной лом. При использовании в шихте доменных чугунов качество литья определяется, в первую очередь, содержанием в них кремния. Сравнение качества литья при использовании в шихте литейных и передельных чугунов показывает, что применение передельных чугунов обеспечивает чугуну отливок предел прочности на растяжение в среднем на 12% выше, чем при использовании литейных чугунов. Отклонения в твердости в различных по толщине сечениях отливки в этом случае меньше на 40%. Однако, их примене-

ние вместо литейных чугунов в количестве более 10-15% повышает отбеливаемость при равном содержании кремния. Еще одним существенным недостатком являются большие колебания концентрации кремния в выплавляемом чугуне. Следствием этого является повышенный брак отливок по отбелу и несоответствию химического состава. Поэтому считается, что целесообразным является совместное применение в шихте передельных чугунов с повышенным содержанием кремния и литейных чугунов. Сравнительная оценка влияния состава литейных и передельных чугунов на качество литья и анализ эффективности их совместного или раздельного использования по обобщенным литературным данным, не дает конкретных ответов на следующие вопросы:

1. Как влияют поля отклонения химического состава передельных и литейных чугунов на стабильность химического состава выплавляемого чугуна.

2. При каком количестве в шихте передельного чугуна, с учетом стабильности его состава, становится целесообразным введение в шихту литейного чугуна.

3. Как учесть неконтролируемую наследственность литейных и передельных чугунов в процессе плавки.

4. Как отличить влияние наследственности литейных и передельных чугунов при их совместном использовании на стабильность состава и свойств выплавляемого чугуна.

Ответы на эти вопросы могут быть получены на основании обобщения и обработки производственных данных о влиянии состава шихты на химический состав и свойства чугуна и применения специальных методов исследований.

Выбор критериев оценки качества шихтовых материалов.

Критерием оценки влияния качества шихтовых материалов на состав и свойства чугуна может быть выбран обобщенный показатель качества (ПК), включающий в себя твердость, предел прочности на растяжение, содержание углерода, кремния и фосфора в чугуне. Учитывая, что ГОСТом для каждой марки чугуна регламентированы поля отклонений этих элементов и механических свойств, может быть определено граничное значение показателя качества, для которого литье можно классифицировать как годное. Сопоставление полей отклонений содержания элементов в шихтовых материалах и значений ПК для каждой марки чугуна позволяет оценить, при каких полях отклонений качества шихты получаемое литье может быть признано годным или классифицироваться как брак. Для этого строятся кривые распределения, описывающие качество шихтового материала, и сопоставляются поля рассеивания качества шихтового материала с вероятностью получения годного литья в координатах δ -Р (рис.1).

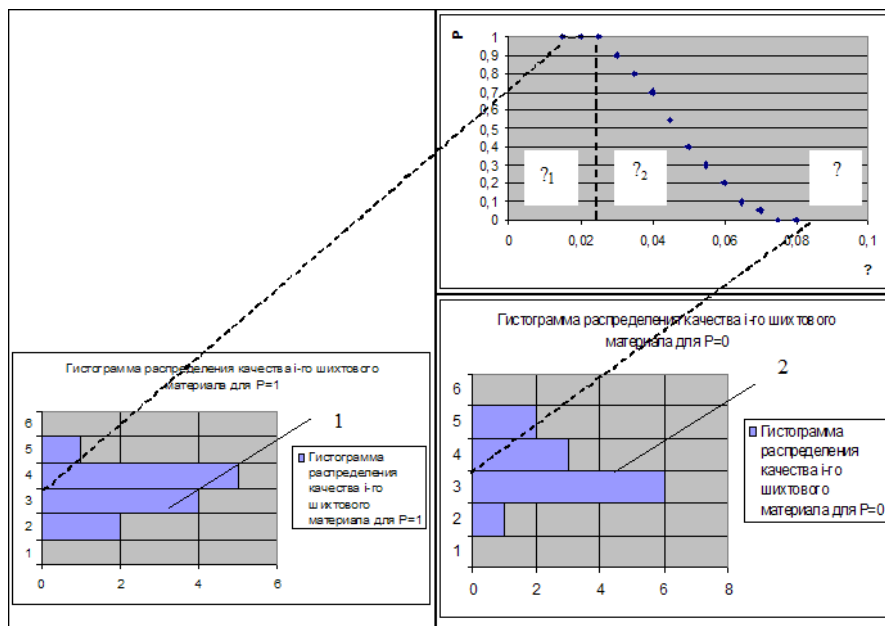


Рис.1. График зависимости качества сплава от поля рассеивания показателей качества компонентов шихты

Данный график условно может быть разбит на три участка. Участок (0 - δ_1) – характеризует поля отклонений показателя качества шихты, при котором литье с вероятностью 100% является годным. Этот участок соответствует гистограмме 1.

Участок (δ_2 - δ) характеризует поля отклонений показателя качества шихты, при котором получаемое литье будет классифицироваться как брак. Участок (δ_1 - δ_2) характеризует снижение вероятности получения годного чугуна при увеличении поля отклонений показателя качества шихтового материала. Таким образом, гистограмма 1 характеризует распределение, при котором с вероятностью 100% литье является годным, кривая 2 – распределение, при котором с вероятностью 100% литье является браком. Для различных полей отклонений элементов в составе шихтового материала вероятность получения годного литья рассчитывается по формуле (1)

$$\Gamma = \left(\Phi \cdot \left(\frac{ПКв - ПК}{S_{нк}} \right) - \Phi \cdot \left(\frac{ПКн - ПК}{S_{нк}} \right) \right) \cdot 100\% \quad (1)$$

где Γ – доля годного литья, %, ПКв – верхняя граница показателя качества, при котором литье считается годным, ПКн – нижняя граница показателя качества, при котором литье считается годным, ПК – среднее расчетное значение показателя качества по результатам производственных данных, $S_{нк}$ – среднеквадратическое отклонение показателя качества, рассчитанное на основании производственных данных, $\Phi(\cdot)$ - функции Лапласа. Расчет проводится по производственным данным, собранным по ходу плавки в течение смены. Снимая с графика значение полей отклонений и соответствующее значение вероятности, строится участок δ_1 - δ_2 .

Параметрическая идентификация факторов нестабильности технологического процесса.

На рис.2 представлена схема, поясняющая задачу идентификации факторов нестабильности технологического процесса

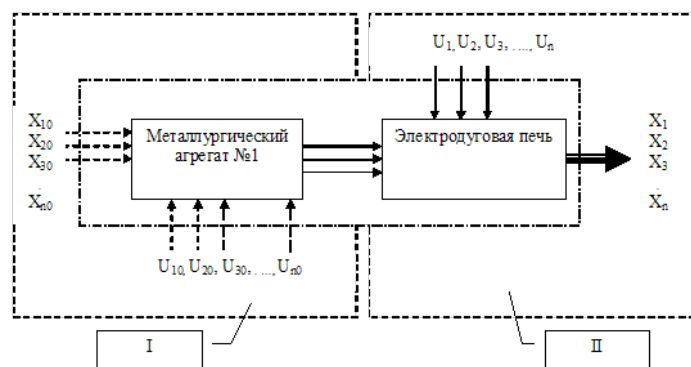


Рис.2. Технологическая схема в задаче идентификации факторов нестабильности технологического процесса

Объект управления ОУ (электродуговая печь) на вход получает шихтовые материалы и расплав из предшествующего агрегата. Качество этих материалов оценивается регламентированным содержанием элементов химического состава – средним содержанием и полем рассеивания. Таким образом, участок I схемы описывает этап I формирования качества шихты.

Процесс плавки характеризуется качеством выходного продукта, формируемым качеством шихты (входа ОУ, являющегося выходом участка схемы I) и эффективностью управления процессом плавки. Таким образом, участок II схемы описывает этап II формирования качества готового сплава.

Целью идентификации является выявление этапа, на котором вносится фактор нестабильности технологического процесса, формирующего брак конечного продукта.

В качестве пространства переменных, позволяющих оценить как качество шихты, так и качество самого процесса плавки, могут быть приняты концентрации основных элементов химического состава чугуна - C, Mn, Si, определяющих характер всех протекающих в электродуговой печи процессов. При этом возможно выявить наиболее неблагоприятные компоненты шихты с точки зрения их влияния на качество годного чугуна.

Как следует из рис.2, в пространстве переменных могут выделены два класса объектов – класс A, в котором качество получаемого сплава определяется качеством шихты, и класс B, в котором качество получаемого сплава формируется самим процессом электродуговой плавки. При таком подходе можно рассмотреть функции условных плотностей распределения вероятностей вектора X для классов A и B – $p_A(X)$ и $p_B(X)$. Априорные вероятности $P(A)$ и $P(B)$ принадлежности любого объекта к классу A и B соответственно могут быть оценены непосредственно на основе архивных данных самих производств, внутри которых решается задача об автоматизации управления процессами плавки.

Если есть основания считать, что распределение содержания элементов химического состава чугуна подчиняются закону нормального распределения, то $p_A(X)$ и $p_B(X)$ - плотности вероятности нормальных законов распределения. Если m^A и m^B - математические ожидания вектора X для классов A и B, и ковариационные матрицы распределения вектора X для классов A и B равны ($cov^A(X) = cov^B(X)$),

плотность распределения вероятностей $p_A(X)$ и $p_B(X)$ могут быть представлены в виде:

$$\begin{aligned} p_A(X) &= ke^{\left(-\frac{1}{2}(x-m^A)' \text{cov}^{-1}(x)(x-m^A)\right)} \\ p_B(X) &= ke^{\left(-\frac{1}{2}(x-m^B)' \text{cov}^{-1}(x)(x-m^B)\right)}, \end{aligned} \quad (2)$$

где k – постоянный множитель.

Условные вероятности принадлежности j -го объекта к классу A и B , согласно теореме Байеса, определяются по формулам:

$$\begin{aligned} P(A|x^j) &= \frac{P(A)p_A(x^j)}{P(A)p_A(x^j) + P(B)p_B(x^j)} \\ P(B|x^j) &= \frac{P(B)p_B(x^j)}{P(A)p_A(x^j) + P(B)p_B(x^j)} \end{aligned} \quad (3)$$

Объект x^j может быть отнесен к тому классу, которому соответствует большая условная вероятность:

$$\begin{aligned} x^j \in A \text{ если } P(A|x^j) &\geq P(B|x^j) \\ x^j \in B \text{ если } P(A|x^j) &< P(B|x^j) \end{aligned} \quad (4)$$

Следовательно, классификация объекта x^j осуществляется в зависимости от величины функции:

$$L(x^j) = \frac{P(A)p_A(x^j)}{P(B)p_B(x^j)} = \frac{P(A)}{P(B)} l(x^j) \quad (5)$$

где $l(x^j)$ – отношение правдоподобия.

Следовательно, классифицирующее правило можно записать в виде:

$$\begin{aligned} x^j \in A \text{ если } L(x^j) &\geq 1 \\ x^j \in B \text{ если } L(x^j) &< 1 \end{aligned} \quad (6)$$

Задавая граничное значение $L(x^j)=1$, классифицирующее правило может быть представлено в виде:

$$\begin{aligned} x^j \in A \text{ если } L(x^j) &= \frac{P(A)ke^{\left(-\frac{1}{2}(x-m^A)' \text{cov}^{-1}(x)(x-m^A)\right)}}{P(B)ke^{\left(-\frac{1}{2}(x-m^B)' \text{cov}^{-1}(x)(x-m^B)\right)}} \geq 1 \\ x^j \in B \text{ если } L(x^j) &= \frac{P(A)ke^{\left(-\frac{1}{2}(x-m^A)' \text{cov}^{-1}(x)(x-m^A)\right)}}{P(B)ke^{\left(-\frac{1}{2}(x-m^B)' \text{cov}^{-1}(x)(x-m^B)\right)}} < 1 \end{aligned} \quad (7)$$

Преобразование (7) приводит к общему виду классифицирующего правила:

$$\begin{aligned} x^j \in A \text{ если } F(x^j) &\geq y_0 \\ x^j \in B \text{ если } F(x^j) &< y_0 \end{aligned} \quad (8)$$

где $F(x^j)$ – дискриминантная функция, определяемая по уравнению (9), а y_0 – пороговое значение дискриминантной функции.

$$F(x) = x' \text{cov}^{-1}(x)(m^A - m^B) = \frac{1}{2}(m^A + m^B)' \text{cov}^{-1}(x)(m^A - m^B) - \ln \frac{P(A)}{P(B)} \quad (9)$$

Координатами вектора X могут быть выбраны среднеквадратичные отклонения содержания C (x_1), Si (x_2), Mn (x_3).

Используя общий вид классифицирующего правила (9), может быть проведен расчет порогового значения и коэффициентов дискриминантной функции, позволяющий идентифицировать факторы нестабильности технологического процесса плавки – низкое качество входных параметров процесса (качество шихтовых компонентов) или неэффективность существующего процесса управления плавкой. Первый вариант соответствует попаданию вектора X в класс A , второй соответствует попаданию вектора X в класс B .

На основе обработки результатов серийных плавок было получено классифицирующее правило вида (9):

$$\begin{aligned} x^j \in A \text{ если } [-127,375x_1 + 56,328x_2 - 16,513x_3 \geq (-11,9514)] \\ x^j \in B \text{ если } [-127,375x_1 + 56,328x_2 - 16,513x_3 < (-11,9514)] \end{aligned} \quad (10)$$

На основе правила (10) может быть принято решение о том, является ли отклонение в качестве сплава причиной некачественной шихты, или несовершенством процесса плавки.

Выводы.

1. Для выбора критерия эффективности технологического процесса электродуговой плавки необходим расчет статистических характеристик, описывающих процесс, непосредственно в конкретных промышленных условиях.

2. Разработанная методика анализа технологического процесса плавки, основанная на расчете вероятности получения брака готовой продукции в зависимости от величин полей рассеивания параметров шихты, позволяет выявлять некачественные шихтовые материалы и вносить соответствующие коррективы в процессе управления плавкой.

3. Для идентификации параметров нестабильности технологических процессов, влияющих на качество управления плавкой, эффективной является байесовская стратегия.

4. Полученное классифицирующее правило позволяет по результатам химического анализа чугуна установить, является ли причиной отклонения в качестве сплава от заданного некачественная шихта или отклонения от заданных режимов в самом процессе управления плавкой.

Поступила в редколлегию 18.03.2010

УДК 004.055

Л.И. МАРЧЕНКО, ст.преподаватель, ХНУРЭ, г. Харьков

В.О. СИНЯВИН, студент, ХНУРЭ, г. Харьков

ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

Створення локальної системи тестування із простими і комфортними інтерфейсами для викладача та студента. Система редагування дозволяє мобільно змінювати кількість тем, питань з кожної теми, відповідей з кожного питання, тривалість тестування.

Creation of the in-plant system of testing with simple and comfort interfaces for a teacher and student. The system of editing allows mobile to change a quantity by that, questions on every theme, answers on every question, duration of testing.

Введение.

В современном мире все большее количество людей стремится получить высшее образование. При этом количество преподавателей увеличивается не пропорционально количеству студентов, что приводит к существенному увеличению нагрузки на преподавателя и возможному снижению качества обучения.

Проверка знаний студентов является одним из важных вопросов процесса обучения. Применение компьютерных технологий позволяет организовать этот процесс на высоком уровне.

На современном этапе отдается предпочтение системам тестирования. Процесс проверки знаний и самоконтроля должен быть простым и комфортным как для студента, так и для преподавателя, создающего проверочные тесты.

Исходя из этого была разработана данная система компьютерного тестирования, с отдельным интерфейсом для преподавателя. Учитывая, что персональный компьютер уже не является чем-то необычным, можно с полной уверенностью заявлять, что любой студент технически способен пройти тестирование с использованием компьютера. Также использование персонального компьютера не дает студенту возможности заявлять о предвзятости преподавателя, так как персональный компьютер, по определению, не может относиться предвзято к кому бы то ни было.

Отдельный интерфейс для преподавателя позволяет создавать задания для курса, группы и, если необходимо, отдельного студента. Создание такого сервиса приводит к проблеме обеспечения невозможности влияния студента на результаты проверки.

Достаточное число студентов уже при поступлении в ВУЗ имеют знания по обходу систем информационной безопасности. Это приводит нас к следующему выводу: создавать Web-тестирование попросту опасно. Общеизвестным фактом является то, насколько просто получить несанкционированный доступ к серверу и насколько сложно защитить его от атак. Исходя из этого, целесообразно использовать локальные системы тестирования. Также при использовании локальных систем не приходится зависеть от устойчивой работы сервера, что во многих случаях так же является одним из основополагающих факторов. И еще несколько аргументов в пользу локального тестирования: проводить его можно всего лишь на одном компьютере; программный пакет можно выдать домой студентам для ознакомления и подготовки к проверке знаний; приступить к тестированию, при полной неподготовленности помещения (присутствуют только включенные компьютеры и сама программа у преподавателя на носителе) можно уже в течение 15 минут, что не слишком отличается от обычной контрольной с раздачей вопросов.

Основная часть.

Разработка данного программного пакета для локального тестирования велась в среде программного продукта компании Microsoft Visual Studio 2008 на объектно-ориентированном языке программирования C# с использованием NetFramework 3.5. Основной задачей являлась идея создания приложения, которое было бы универсально для тестирования студентов и просто в редактировании и добавлении непосредственно разделов, подлежащих для изучения студентами.

Программный пакет **Solution TestingSystem** состоит из трех проектов: **TestingSystem**, **Client** и **SymmetricEncryptionUtility**.

TestingSystem. Главная форма проекта содержит четыре допустимых опции (рис.1). При нажатии кнопки “Добавить Раздел” появляется форма, представленная на рис.2.

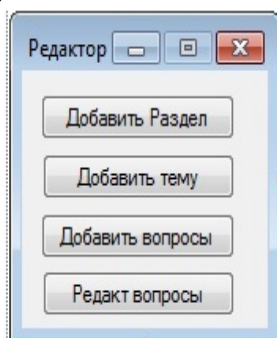


Рис.1. Вид главного окна редактора

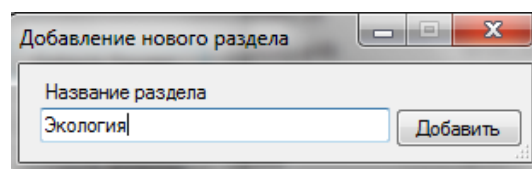


Рис. 2. Опция добавления раздела

Эта форма позволяет преподавателю создавать новый раздел вопросов для последующего тестирования. Нажимая на кнопку “Добавить тему” преподаватель видит форму, показанную на рис.3. В этом окне создается название темы и определяется количество вопросов, предполагаемое для тестирования (может изменяться в последствии).

И собственно еще две основные формы, которые позволяют создавать, добавлять и редактировать вопросы (рис.4, рис.5).

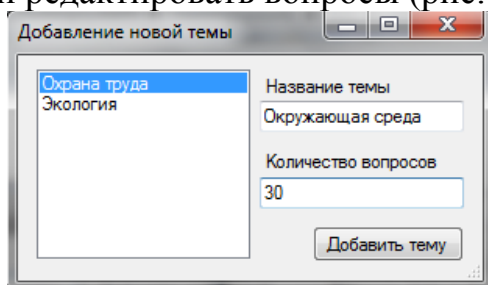


Рис. 3. Опция создания /добавления темы

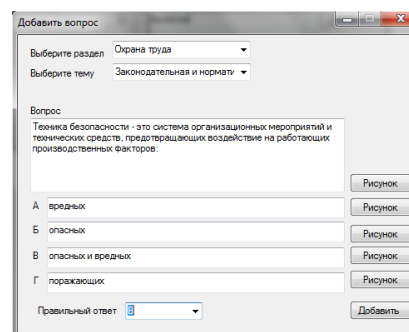


Рис.4. Опция создания /добавления вопросов

В этом окне преподаватель выбирает в выпадающем списке раздел, затем тему и добавляет вопросы. Возможность добавления рисунков в тексты вопросов улучшает качество составленных тестов.

Форма «Redactor» позволяет полностью подготовить (настроить) выбранную тему для тестирования студента: назначить раздел и тему в разделе, откорректировать содержание и количество вопросов, задать продолжительность времени для прохождения теста.

Данные формы являются очень простым решением, которое предоставляется собственно средствами Visual C#. Основная логика данной части проекта заключена в файле GetOneQuestion.cs, который отвечает за получение и расшифровку вопросов из базы данных.

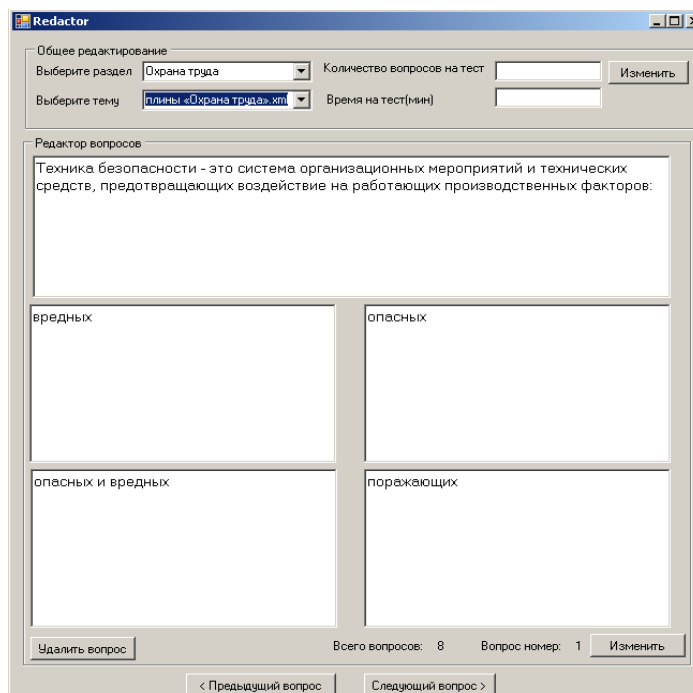


Рис.5. Форма «Redactor» - опция редактирования вопросов

SymmetricEncryptionUtility. Данная часть проекта реализована как .dll библиотека, состоящая из одного класса, которая подключается в дальнейшем к системе тестирования и редактору.

В среде .Net Framework поддерживается три типа шифрования: симметричное, ассиметричное и однонаправленное. Симметричные типы используют всегда один и тот же ключ. Для данного проекта был применен DES- абстрактный симметричный алгоритм, с необходимой длиной ключа 64, что по умолчанию реализовывает DESCryptoServiceProvider. Важным замечанием является то, что надежность шифрования пропорциональна длине ключа. Таким образом, чем больше длина ключа, тем меньше вероятность успешного взлома методом “грубой силы”, поскольку нужно проверить намного больше возможных значений ключа. Значительным преимуществом выбранного алгоритма шифрования является весьма значительная производительность.

Client. Проект Client, созданный для тестирования студентов, реализован на основе двух форм (рис.6,рис.7), позволяет выбрать раздел, тему и начать тестирование.

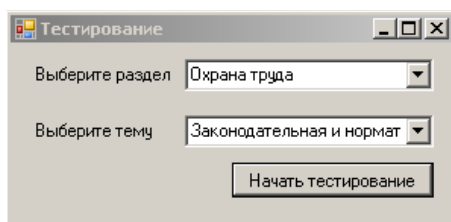


Рис.6. Главное окно тестирования

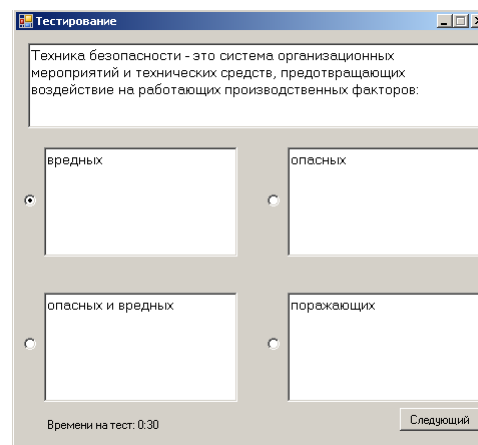


Рис.7 Окно для введения ответов

В окне для ответов (рис.7) можно увидеть текст вопроса, варианты ответа и время отведенное на тест. Эта форма отвечает за моделирование и правильное отображение вопросов, которые получают в дальнейшем посредством класса GetOneQuestion.

Все поля этого класса (Fields) являются атрибутами присущими каждому вопросу, созданными по двум основным методам: Decrypt и GetOneQuestion.

Функция Decrypt отвечает за правильную обработку и расшифрование вопроса получаемого из файла, средствами библиотеки SymmetricEncryptionUtility. А метод GetOneQuestion работает с файлом, выбирает нужный вопрос для отображения на экране и передает его как структуру данных в форму тестирования, где при помощи полученных данных моделирует информацию и отображает ее на экране.

Оценивание результатов тестирования отображается в процентном отношении, что наиболее адекватно отражает реальную картину успешности прохождения теста.

Заключение.

Созданный программный пакет для локального тестирования Solution Testing-System позволяет решить следующие задачи:

- независимость от работы компьютерной сети;
- защиту информации от несанкционированного доступа;
- возможность работы с небольшими аппаратными средствами (достаточно одного компьютера);
- независимость от компьютерной подготовки преподавателей и студентов;
- время установки и подготовки к проведению тестирования не более 15 мин.

Программный пакет Solution TestingSystem построен по принципу «прозрачного прохождения», и является простым, комфортным, не требующим специальной подготовки, инструментом для создания тестов различной длины, наполнения, оформления и т.д..

Процесс тестирования для студентов с помощью данного пакета не представляет собой никаких трудностей.

Системные требования к компьютеру для данного проекта являются минимальными. За счет того, что программа полностью оптимизирована и не ресурсотребовательна, единственным условием является установка пакета Net Framework на ПК, где будет проходить тестирование.

Возможности пакета для локального компьютерного тестирования позволяют использовать его при любой форме обучения практически всех дисциплин и для самостоятельной работы студентов.

Список литературы: 1.Тролсен Э. Язык программирования С# 2005 и платформа .Net 2.0 2005.-1700с.2.Шпуста М, Мак-Доналд М. Microsoft ASP.NET 2.0 с примерами на С# 2005 для профессионалов 2005.-2200с.3.Седжвик Роберт. Фундаментальные алгоритмы на С++. 2003.-800с. 4.Б. Эккель, Ч Эллисон. Философия С++. 2004.-400с.

Поступила в редколлегию 13.04.2010

В.В. КУХАРЬ, канд. техн. наук, доц., ПГТУ, г. Мариуполь, докторант НМетАУ, г. Днепропетровск

ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАГОТОВКИ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ЗАДАННЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ТЕМПЕРАТУР ПО ВЫСОТЕ ПРИ ОСТЫВАНИИ НА ПЛОСКОМ ШТАМПЕ

Розглянуто можливості та перспективи градієнтного нагрівання для одержання профільованих заготовок на підготовчо-заготівельних переходах у технологіях гарячого об'ємного штампування. Проведено скінчено-елементне моделювання теплового поля при остиганні заготовок із попередньо завданим нерівномірним розподілом температур по довжині при умові контакту одним торцем із плоским штампом. Підтверджена необхідність узгодження темпу штампування та теплового стану заготовки.

Ключові слова: заготовка, нагрівання, розподіл температур, градієнт температур, остигання, штамп, об'ємне штампування.

Possibility and perspectives of gradient heating for receiving of profiled billets by preparing of shape steps in technique of hot volumetric die-forging are shown. The finite-elements simulation of temperature fields during a cooling of billets with irregularity distribution of temperatures by height is execute with condition of contact of one billet's end to flat die. The necessary in concordance of forging temp with temperature state of billet is confirmed.

Key words: billet, heating, distribution of temperature, temperature gradient, cooling, die-form, volumetric die-forging

1. Введение

Градиентный нагрев заготовок перед обработкой металлов давлением является достаточно распространенным приемом, применяемым для интенсификации формоизменения заготовок. Причем известны технологии, в которых используют как локальный прогрев определенных частей заготовки, так и неравномерный нагрев по всей её длине. Для данных целей конструируют установки высокоскоростного нагрева индукционного или контактного типов, применяют способы дифференцированного подстуживания, обеспечивающие разницу деформационных свойств металла по длине заготовки и т.п.

2. Анализ исследований и публикаций

Широкое распространение получили способы местного или дифференцированного нагрева при листовой штамповке, в частности вытяжке и отбортовке [1–4], обжиме и раздаче трубчатых заготовок [1, 4, 5]. Весьма распространенными являются случаи местного нагрева перед высадкой заготовок [6], однако для управления формоизменением при операциях объемного деформирования ковкой или штамповкой чаще всего применяют местное подстуживание [6, 7]. В последнее время обоснованы и реализованы на практике способы дифференцированного нагрева заготовок перед проведением их фасонирования осадкой для последующей объемной штамповки [8–10]. Согласно работе [11], применение дифференциро-

ванного нагрева выделяют в отдельное направление бесштампового профилирования заготовок. При этом градиентный нагрев по высоте заготовки перед деформированием может быть выполнен не только по варианту соответствия распределения температур распределению деформаций [9, 10], а и по другим вариантам.

3. Постановка проблемы

Во всех случаях тепловое состояние заготовки, а именно распределение температур, заданное при градиентном нагреве, должно зависеть от темпа штамповки, которую наиболее целесообразно проводить в автоматическом режиме. Следовательно, остывание установленной на штамп заготовки требует корректировки приобретаемого распределения температур на время её переноса от нагревателя и время контакта заготовки со штампом перед деформированием, что в настоящее время изучено недостаточно.

4. Цель работы. Целью настоящей работы является моделирование изменения теплового состояния заготовок с различными вариантами заданного неравномерного градиента температур, полученного в нагревателе при остывании на плоской осадочной плите.

5. Изложение основного материала

При нагреве заготовок перед штамповкой необходимо соблюдение термического режима с проведением деформирования в определенном интервале ковочных температур. В окончательном ручье температура полуфабриката должна обеспечивать полное и беспрепятственное заполнение гравюры с формированием облоя нормированных размеров. Это накладывает определенные ограничения на условия градиентного нагрева, когда середина или торцы заготовки имеют более низкую температуру, при расчете которой следует учитывать темп штамповки, количество ручьев, время контакта с инструментом, теплофизические свойства материалов и т.п.

Использование градиентного нагрева для бесштампового профилирования заготовок перед горячей объемной штамповкой требует задания закономерности распределения температур по длине (высоте) заготовки перед первой формоизменяющей операцией, которой в большинстве случаев служит осадка либо её разновидности. Обоснованной является закономерность распределения температур [9, 10], отвечающая распределению радиальных деформаций по длине, для интенсификации набора металла в местах формирования утолщений и повышения сопротивления деформированию металла на стержневых участках профилированного полуфабриката, что рассчитывают исходя из чертежа поковки. Следует отметить известные конечно-разностные решения по нахождению температурных полей остывающей неравномерно нагретой заготовки при переносе её к штампу [12] и при её остывании на плите [13]. Ввиду потенциального разнообразия конфигураций поковок, для получения соответствующих профилированных полуфабрикатов необходимы возможности реализации различного распределения температур вдоль оси заготовки при нагреве в специальных индукционных нагревателях с пе-

ременной плотностью витков (рис. 1), основы расчета которых изложены, например, в работах [14, 15].

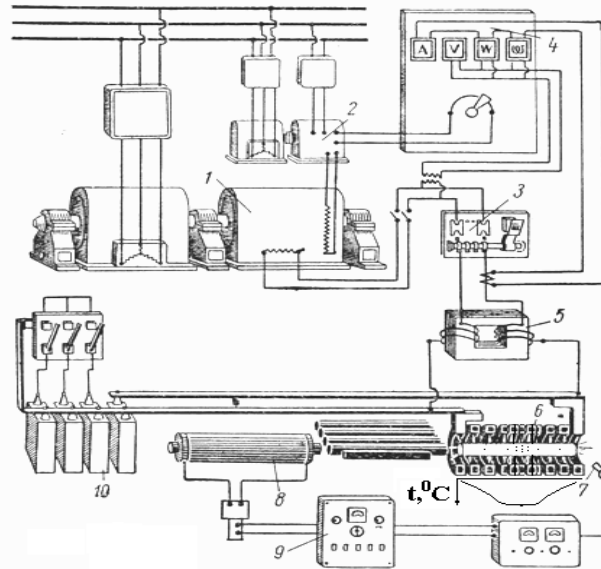


Рис. 1. Схема индукционного устройства для реализации градиентного нагрева заготовки по длине:

1 – генератор тока высокой частоты; 2 – усилитель управления режимами нагрева; 3 – контактор для включения и выключения нагрева; 4 – шкаф с измерительными приборами для управления работой усилителя; 5 – автотрансформатор регулирования напряжения на индукторе; 6 – индуктор с переменным шагом витков; 7 – фотопирометр; 8 – толкатель для подачи заготовок в индуктор; 9 – пульт управления; 10 – батарея конденсаторов

Для проведения компьютерного моделирования выполняли построение в пространственной постановке твердотельной модели заготовки и плиты, на которую она устанавливалась. Моделирование осуществляли в среде интегрированной системы конечно-элементного анализа COSMOS/Works 2006. Аппроксимация плиты и заготовки осуществлялась четырехузловыми тетраэдрическими конечными элементами. Ввиду рассмотрения двумерной задачи, заготовку разбивали на слои толщиной 5 мм, что соответствует размеру одного конечного элемента и позволяет накладывать на заготовку произвольно заданное начальное тепловое поле.

Теплофизические свойства материала заготовки задавали как функции температуры. Плите задавали начальную температуру 300 °С, которую условно принимали постоянной для всего времени моделирования. На боковой поверхности и торце заготовки заданы граничные условия, отвечающие закону излучения Планка (коэффициент черноты – 0,8). Температура окружающей среды принята равной 20 °С. На контакте заготовки и плиты приняты условия теплопередачи, отвечающие закону теплопроводности Фурье.

Моделировали охлаждение заготовок из технической меди (М1) и стали 40Х с размерами $\varnothing 90 \times 180$ мм и $\varnothing 60 \times 300$ мм, установленных торцом на плите (сталь 5ХНВ). За начало координат принимали точку контакта оси заготовки с плитой. Задавали различные варианты начального распределения температур по высоте заготовки. На рис. 2 приведены графические зависимости, отражающие результаты расчетов (t, s – время, секунды). С течением времени градиент температур по

длине заготовки уменьшается. Торец заготовки, контактирующий с плоской плитой при установке, испытывает наиболее резкое падение температур, наиболее сильно проявляющееся в начальные 15 секунд.

На основании результатов моделирования, темп штамповки, рассчитываемый из условия учета времени установки заготовки на плоский штамп, её нахождения на нем до деформирования, сопровождающегося подстуживанием, и подготовительно-заготовительной осадки, может быть согласован с режимом нагрева заготовки. При этом рекомендовано, чтобы время нахождения заготовки на плоском штампе до деформирования не превышало 15 секунд. Исходя из данных общемашиностроительных нормативов времени на горячую объемную штамповку [16], указанные рекомендации практически всегда выполнимы.

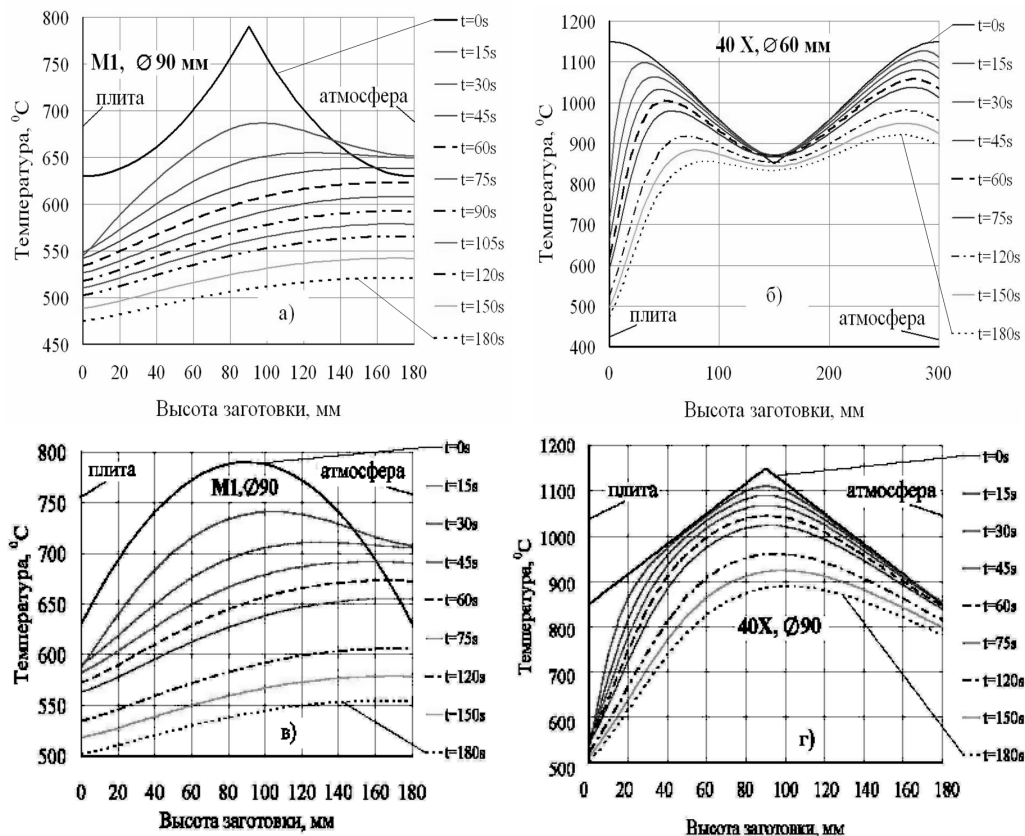


Рис. 2. Примеры графиков распределения температур при охлаждении медных (а, в) и стальных (б, г) заготовок с заданным первоначальным градиентом по высоте

6. Выводы

Таким образом, выявлены количественные значения падения температуры в зоне контакте заготовки с инструментом при различных вариантах начальных температурных полей. Результаты моделирования позволяют определять требуемые температуры нагрева в поперечных сечениях заготовки по высоте с учетом дальнейших технологических переходов, корректировать темп штамповки, получить исходную информацию для проектирования нагревательных устройств.

Список литературы: 1. Аверкиев Ю. А. Технология холодной штамповки / Ю. А. Аверкиев, А. Ю. Аверкиев – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с. 2. Зубцов М. Е. Листовая штамповка / М. Е. Зубцов. – Л.: Машиностроение, 1980. – 432 с. 3. Стеблюк В. И. Разработка теории и методов интенсификации формоизменяющих операций листовой штамповки : дис. ... докт. техн. на-

ук : 05.03.05 / Стеблюк Владимир Иванович. – Киев, 1998. – 312 с. 4. Ершѐв В. И. Интенсификация формоизменяющих операций листовой штамповки / В. И. Ершѐв. – М.: Высшая школа, 1989. – 87 с. 5. Ткачев Р. О. Усилие деформирования при обжиге концов трубчатых заготовок с дифференцированным нагревом / Р. О. Ткачев, А. Д. Кирицев, Б. С. Каргин // Ресурсозберігачючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля. – С. 22–31. 6. Брюханов А. Н. Ковка и объёмная штамповка / А. Н. Брюханов. – М.: Машиностроение, 1975. – 408 с. 7. Коньков А. С. Кузнечное производство / А. С. Коньков. – М.: Машиностроение, 1966. – 384 с. 8. Грешнов В. И. Дифференциальное деформирование при штамповке заготовок удлиненной формы / В. И. Грешнов // Кузнечно–штамповочное пр–во. – 1994. – № 10. – С. 14–17. 9. Кухар В. В. Розробка рекомендацій до використання диференційованого нагрівання при одержанні профільованої заготовки осаджуванням із втратою стійкості / В. В. Кухар, К. К. Діамантопуло // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Краматорськ, 2001. – С. 321–326. 10. Спосіб одержання профільованої заготовки: пат. 43614 А Україна, МПК 7 В21К1/08 / В. В. Кухар, К. К. Діамантопуло, В. І. Мазан. – № 200104239 Ізаявл. 10.04.2001; опубл. 17.12.2001, Бюл. № 11. – 14 с. 11. Гринкевич В. А. Разработка концепции бесштампового профилирования заготовок на прессах с повышением точности формоизменения на окончательных операциях // В. А. Гринкевич, В. В. Кухарь, К. К. Діамантопуло. – Вестник Национального технического университета «ХПИ». Сб. научн. тр. Темат. вып.: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2009. – №32. – С.26-32. 12. Діамантопуло К. К. Математичне моделювання зміни температурного поля заготовки при охолодженні після нерівномірного нагрівання / К. К. Діамантопуло, Л. І. Хііш, В. В. Кухар, І. В. Дмитренко // Наукові вісті: Сучасні проблеми металургії. Т. 5. Пластична деформація металів. – Дніпропетровськ: Системні технології. – 2002. – С.175-179. 13. Кухарь В. В. Моделирование температурного поля неравномерно нагретой по длине заготовки при её остывании на штампе / В. В. Кухарь, О. А. Лаврентик, В. А. Бурко, М. В. Крестников // Вісник Приазовського державного технічного університету: Зб. наук. праць / ПДТУ. – Мариуполь, 2007. – Вип. 17. – С. 125–129. 14. Слухоцкий А. Е. Индукторы для индукционного нагрева / А. Е. Слухоцкий, С. Е. Рыскин. – Л.: Энергия, 1974. – 264 с. 15. Безручко И. И. Индукционный нагрев для объёмной штамповки / И. И. Безручко – Л.: Машиностроение, 1987. – 126 с. 16. Общемашиностроительные нормы времени на горячую объёмную штамповку. – М.: НИИ труда, 1983. – 104 с.

Поступила в редколлегию 11.04.2010

УДК 621. 73

С.Б. КАРГИН, аспирант, ПГТУ, г. Мариуполь

Б.С. КАРГИН, канд. техн. наук, проф., ПГТУ, г. Мариуполь

В.В. КУХАРЬ, канд. техн. наук, доц., ПГТУ, г. Мариуполь

О.Е. МАРКОВ, канд. техн. наук, доц., ДГМА, г. Краматорск

Р.И. ТИХОНЕНКО, магистр, ПГТУ, г. Мариуполь

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПРОФИЛИРОВАННЫХ БОЙКОВ И ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ КОВКИ ТРЁХЛЕПЕСТКОВОЙ И ЧЕТЫРЁХЛЕПЕСТКОВОЙ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ПРОТЯЖКИ

Представлені результати досліджень по розробці конструкції профільованих бойків для кування трипелюсткових і чотирипелюсткових заготовок із звичайних зливоків. Показані переваги кованих заготовок в порівнянні з литими. Встановлені величини обтискань і подач, які є необхідними для одержання кованих заготовок потрібної профільованої форми.

Ключові слова: кування, зливок, поковка, заготовка, профільований бойок, обтискання, подача

The results of researches in working out of construction of the profiled anvils for forging of three-lobe and four-lobe billets from ordinary castled bars are presented. Advantages of the forged billets as compared to cast are shown. The sizes of wringing out and serves for receiving of billets with necessary profiled shape are determinate.

Key words: forging, bar, поковка, purveyance, profiled firing-pin, wringing out, serve

1. Введение

Высокие требования, предъявляемые к качеству крупных поковок, обуславливают необходимость применения дополнительных технологических приёмов, устраняющих основные недостатки кузнечных слитков. В работе [1], рассматриваются инновационные технологииковки с применением макросдвигов. Отмечается, что возможно регулирование пластических потоков за счёт изменения соотношения площадей свободных и контактных поверхностей, а также за счёт изменения конфигурации свободных поверхностей заготовки, влияющих на сопротивление вытеснению металла в зоны свободного истечения. В частности, обоснована возможность формирования заданной формы промежуточной заготовки под последующую ковку ответственных поковок с уменьшением величины суммарного укова. Предельным случаем этого решения авторы считают создание кузнечного слитка специальной формы, обеспечивающей сосредоточенные деформации в заданных зонах, начиная с первых этаповковки.

2. Постановка проблемы

Известны способы оптимизации формы стального слитка [2] с целью обеспечения сосредоточенной деформации в центральной зоне. Например, трёхлепестковый девятигранный кузнечный слиток, форма поперечного сечения которого, как считают авторы [3], позволяет повысить гидростатическое давление при всех вариантах его последующейковки. Подтверждают это мнение и результаты работы [4], в которой, в целях повышения эффективности технологииковки, были разработаны типы слитков, специализированные под производство определённых поковок. Применение трёхлепесткового слитка массой 7 т, позволило исключить брак валков холодной прокатки, увеличить (до 40 %) местные деформации в осевой зоне поковки при укове всего $u=1,5$. Однако, имеются исследования [5], в результате которых авторы предупреждают, что если слитки с трёхлепестковой (трефообразной) формой поперечного сечения планируется использовать для получения поковок с малыми уковами ($u \approx 2$), предназначенных для производства изделий ответственного назначения, то следует проявлять определённую осторожность в связи с возможной неоднородностью распределения степени деформации по сечению поковки. Кроме того, внедрение трёхлепестковых слитков затруднено в связи с необходимостью изготовления изложниц специальной формы, что связано с дополнительными затратами и трудоёмкостью.

Целью настоящей работы были исследования в области разработки конструкций бойков и технологии получения ковкой трёх- и четырёхлепестковых заготовок.

На рис. 1 представлена конструкция профилированных комбинированных бойков для получения трёхлепестковой заготовки ковкой. При этом верхний плоский

боёк 1 имеет неподвижно закреплённую на нём вставку 2, выполненную в виде выпуклости. Нижний вырезной боёк 3 (угол выреза φ принят 120°) имеет две неподвижные вставки 4, также выполненные в виде выпуклостей.

Предложенная конструкция работает следующим образом. При рабочем ходе прессы во время возникновения технологического усилия, сила деформации передаётся на верхний 1 и нижний 3 бойки (см. рис. 1), вследствие чего они деформируют заготовку 5 путём внедрения в неё выпуклых поверхностей рабочих вставок 2 и 4.

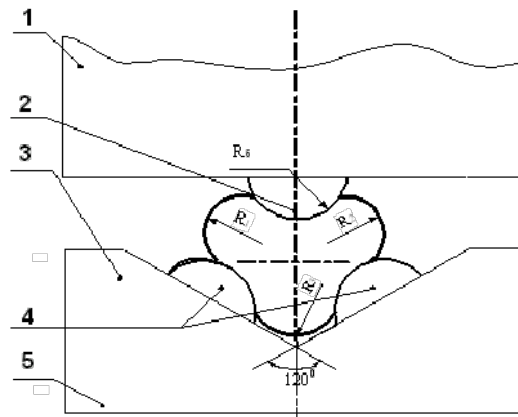


Рис.1. Обжатие заготовки комбинированными профилированными бойками

1 - боёк верхний плоский; 2 - вставка выпуклая верхняя; 3 - боёк вырезной нижний; 4 - две выпуклые вставки; 5 - заготовка

После начала деформации происходит локальное выпучивание материала заготовки вверх и в стороны вблизи зон контакта заготовки с выпуклыми профилями рабочих вставок, находящимися на верхнем и нижнем бойках. Выпучивание происходит в обе боковые стороны заготовки в равной степени. При этом образуются два верхних выпуклых лепестка заготовки. По направлению действующей силы прессы металл течёт в сторону нижнего вырезного бойка (выдавливается) и образует при этом третий выпуклый лепесток.

Эксперименты проводили на свинце и стали. Исходная заготовка, физически моделирующая обычный кузнечный слиток, была выбрана диаметром $d_0=30$ мм и длиной $l_0=30$ мм; использовали относительную подачу $\psi = l_0/d_0=1,0$. Обжатие производили по всей длине одновременно до получения трёхлепестковой заготовки правильной формы ($R_1=R_2=R_3$). Бойки закрепляли в специальном пакете.

Радиус выпуклостей бойков принимали равным $R_6=15$ мм, т.е. отношение $R_6/ R_3=15/15=1,0$

В результате исследований было установлено, что для получения трёхлепестковой заготовки требуемой правильной формы, величина обжатия должна находиться в пределах $\varepsilon=\Delta h/d_0=23\div 25\%$, где Δh – ход прессы.

На рис. 2 представлена конструкция профилированных вырезных бойков для получения четырёхлепестковой ковальной заготовки.

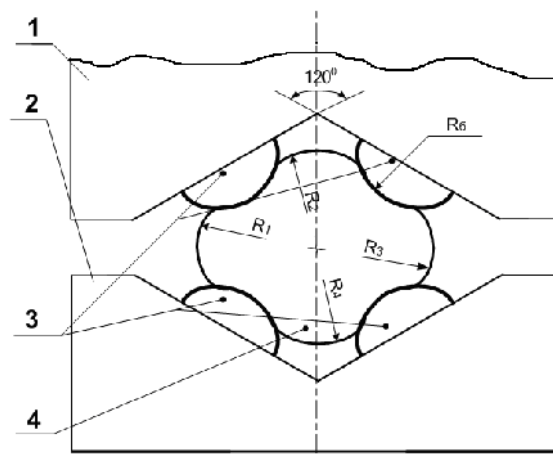


Рис.2. Обжатие заготовки вырезными профилированными бойками
 1- боёк вырезной верхний; 2 - боёк вырезной нижней;
 3 - четыре выпуклые вставки; 4-заготовка

При этом верхний 1 и нижний 2 вырезные бойки (угол выреза бойков принят 120°) имеют две вставки 3 неподвижно закреплённые на них и выполненные в виде выпуклостей. Эти две вставки имеются как на верхнем, так и на нижнем бойках. Разработанная конструкция работает следующим образом. При рабочем ходе прессы, во время возникновения технологического усилия сила деформации передаётся на верхний 1 и нижний 2 бойки (см. рис. 2), вследствие чего они деформируют заготовку 4 путём внедрения в неё выпуклостей рабочих вставок 3.

После начала деформирования происходит локальное выпучивание (уширение) материала заготовки в горизонтальной плоскости в каждую сторону от вертикальной оси. По направлению действующей силы металл течёт (выдавливается) вверх и вниз между выпуклыми вставками. При обжатии с определённой степенью деформации становится возможным получение четырёхлепестковой заготовки правильной формы, когда $R_1=R_2=R_3=R_4$.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что для получения четырёхлепестковой заготовки правильной формы, величина требуемого обжатия должна находиться в пределах $\varepsilon=20\%$.

Несмотря на то, что значение величины относительной подачи ψ при ковке принято равным единице, разница в уширении поковки зарегистрированная на краю и в центре подачи весьма незначительная и составляет $5\div 7\%$.

Выводы:

1. Разработаны конструкции профилированных комбинированных и вырезных бойков, позволяющих ковать из обычного кузнечного слитка трёхлепестковые и четырёхлепестковые профилированные заготовки для последующей протяжки с реализацией эффектов макросдвигов.

2. Установлено, что слитки с $h_0/d_0=1$ можно ковать сразу на всю длину с величиной обжатия, находящегося в пределах $\varepsilon=20\div 25\%$, при этом гарантировано получение заготовки правильной формы с обеспечением условия равенства выпуклых участков (лепестков) кованой заготовки.

Список литературы. 1. Тюрин В.А. Инновационные технологииковки с применением макросдвигов [Текст] / В.А. Тюрин // Кузнечно-штамповочное производство. – 2007. - № 11. - С. 15-20. 2. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства [Текст] / Я.М. Охрименко. – М.: Машиностроение, 1976. – 560 с. 3. Ковка слитков на прессах [Текст] / Л.Н. Соколов, Н.М. Золотухин, В.Н. Ефимов и др.; под общ. ред. Л.Н. Соколова. – К.: Техника, 1984.-127 с. 4. Тюрин В.А. Инновационные технологииковки [Текст] / В.А. Тюрин // Кузнечно-штамповочное производство. – 2006. - № 5. - С. 27-29. 5. Мигачёв Б.А. Экспериментальное исследование деформированного состояния при формоизменении заготовок с трефообразным поперечным сечением [Текст] / Б.А. Мигачёв, В.П. Волков // Кузнечно-штамповочное производство. – 1995. - № 10. - С. 5-7.

Поступила в редколлегию 11.04.2010

УДК 621.396.98

РАДВАН М. ДЖАВАД, аспирант, Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», г. Харьков

ОЦЕНКА ВЫСШИХ ПРОИЗВОДНЫХ РАДИАЛЬНОЙ ДАЛЬНОСТИ ДЛЯ СВЕРХМАНЕВРЕННЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Вирішується завдання оцінювання вищих похідних радіальної дальності при русі надманевреного літального апарата. Розглянута модель руху надманевреного літального апарата. Визначені види рухів, які можуть приводити до виникнення вищих похідних дальності. Методом імітаційного моделювання отримані оцінки рівня вищих похідних дальності для різних умов польоту й характеристик літальних апаратів.

The estimation higher derivatives of radial range at movement of a supermaneuverable aircraft dares. The model of movement of a supermaneuverable aircraft is considered. Kinds of movements which can lead to occurrence of the higher derivatives of range are defined. Level of the higher derivatives of range for various flights conditions and aircrafts characteristics is estimated by a method of imitating modelling.

Введение. Желание реализовать новые виды движения летательных аппаратов (ЛА), которые повышают быстроту процессов управления, улучшают динамику переходных процессов, повышают качество функционирования ЛА на некоторых режимах полета привело к разработке новых аэродинамических схем ЛА, совершенствованию конструкции авиационных двигателей, а также к использованию статически неустойчивых режимов полета совместно с адаптивными система управления движением ЛА (искусственная устойчивость). Такие ЛА получили общее название сверхманевренных (СМЛА).

Следует отметить, что определение понятия сверхманевренности в настоящее время находится в стадии становления. Поэтому определения в разных источниках могут отличаться, но суть свойства сверхманевренности остается той же.

Управление движением классических ЛА, не обладающих свойством сверхманевренности, осуществляется с помощью хвостового оперения и элеронов. На современных СМЛА (например, на ЛА комбинированной аэродинамической схемы [1, 2]) для управления движением также широко используются дополнительные элементы конструкции – переднее горизонтальное и вертикальное оперения, средства развитой механизации крыла - предкрылки, закрылки, интерцепторы.

Это дает возможность реализовать концепцию непосредственного управления подъемной (боковой) силой ЛА (НУПС).

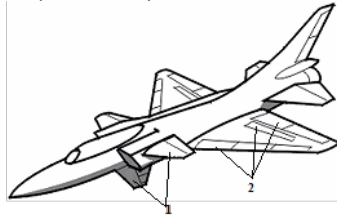


Рис. 1. Средства непосредственного управления подъемной и боковой силами ЛА:

1 – элементы переднего оперения; 2 – элементы механизации крыла.

Совместное отклонение традиционных и новых поверхностей управления позволяет изменять угловое положение самолета в пространстве без изменения траектории или изменять траекторию без изменения углового положения самолета. То есть, осуществлять независимое изменение положения самолета по угловым и линейным координатам [3].

Значительно повысить маневренность ЛА также позволяет использование двигателей с отклоняемым вектором тяги. В таких двигателях вектор тяги может изменять свою пространственную ориентацию в широких пределах за короткие промежутки времени, что позволяет изменять направление движения ЛА без изменения его угловой ориентации.

Таким образом, сверхманевренными летательными аппаратами, сегодня можно назвать ЛА, которые могут совершать быстрые пространственные эволюции по одной или нескольким координатам независимо от остальных, которые используют непосредственное управление подъемной (боковой) силой и (или) управление вектором тяги двигателя.

Сверхманевренность позволяет ЛА:

- практически скачкообразно изменять свое положение в пространстве без изменения ориентации строительных осей;
- изменять положение строительных осей в пространстве без изменения направления полета;
- совершать управляемый полет с углами атаки до $60...90^\circ$ резко сбрасывая скорость без сваливания в штопор;
- совершать развороты с очень малым радиусом;
- высокая тяговооруженность позволяет СМЛА быстро набирать скорость при любом пространственном положении.

В свою очередь такие маневры влияют на работу радиотехнических систем сопровождения ЛА (РТСС) [3]. В процессе быстрого маневрирования появляются третья и более высокие производные дальности, скорости и угловых координат. При этом нарастают динамические ошибки РТСС, из-за чего возрастает вероятность срыва сопровождения. Возможность сброса скорости до околонулевых значений и зависание в воздухе также приводит к срыву сопровождения СМЛА. Сложные маневры обуславливают размывание спектров и уменьшение спектральной плотности отраженного сигнала, что снижает точность первичных измерений

дальности, скорости и угловых координат при сопровождении СМЛА, а также увеличивает вероятность пропуска объекта при обнаружении.

Очевидна необходимость в ближайшем будущем повышения эффективности работы существующих РТСС или создания на их базе новых РТСС сопровождения СМЛА.

В техническом плане устойчивое сопровождение сверхманевренных ЛА требует расширения состава измеряемых фазовых координат ЛА (нужно измерять более высокие производные дальности и угловых координат), предъявляет существенно более жесткие требования к точности и быстродействию РЛС, приводит к усложнению алгоритмического обеспечения работы систем сопровождения [3].

При оптимизации существующих и разработке новых РТСС, при разработке новых алгоритмов сопровождения СМЛА важной является количественная оценка степени влияния сверхманевренности ЛА на показатели их работы. Причем влияние сверхманевренности на независимые измерения (например, измерения дальности и угловых координат, которые в большинстве случаев могут считаться независимыми) можно рассматривать отдельно.

Данная статья посвящена анализу и оценке степени влияния сверхманевренности ЛА на дальномерный канал радиолокационных измерителей РТСС.

Постановка задачи. В составе современных РТСС для измерения дальности и скорости ЛА широко используются импульсно-доплеровские РЛС (ИДРЛС). Такие РЛС могут работать в режиме сопровождения одного или нескольких воздушных объектов или в режиме кругового обзора.

В общем случае маневрирование СМЛА может влиять как на этап первичной, так и на этап вторичной обработки информации. Под этапом первичной обработки здесь будем понимать процесс получения первичных измерений дальности и скорости ЛА, под этапом вторичной обработки – процесс идентификации измерений, привязки траектории, экстраполяции измерений.

Таким образом, влияние маневрирования СМЛА на показатели эффективности РТСС следует рассматривать в комплексе для разных режимов работы и на разных этапах обработки измерительной информации. Но для упрощения решения этой задачи нужно провести ее декомпозицию на несколько частных: оценка влияния высших производных дальности на первичные измерения при сопровождении одиночного воздушного объекта, оценка влияния размытия спектра отраженного сигнала на первичные измерения дальности при сопровождении одиночного воздушного объекта, оценка влияния маневрирования СМЛА на этап вторичной обработки сигналов при обзоре пространства.

В данной работе остановимся на первой частной задаче. Будем рассматривать влияние маневров СМЛА на процесс получения первичных измерений дальности с помощью импульсно-доплеровской РЛС, работающей в режиме сопровождения одиночного воздушного объекта. В такой РЛС отраженный сигнал всегда должен попадать в строб приемника. Временное положение строба определяется на основании предыдущих измерений дальности и скорости ЛА. Быстрое маневрирование ЛА может приводить к появлению неучитываемых высших производных дальности и, как следствие, к выходу отраженного сигнала за пределы строба РЛС по дальности. То есть к срыву сопровождения.

Высшие производные дальности появляются при неравномерном изменении радиальной дальности. Они могут возникать при скачкообразных изменениях траектории движения ЛА или при резком замедлении ЛА. На анализе одного из этих видов движения ЛА остановимся подробнее.

Таким образом, задача исследования заключается в оценке величины высших производных дальности и степени их влияния на выход из строга по дальности сигнала отраженного от СМЛА, который выполняет скачкообразные или замедляющие движения, при измерении его дальности с помощью ИДРЛС, работающей в режиме сопровождения одиночного воздушного объекта.

Модель движения СМЛА. Оценка высших производных дальности. Пространственное движение ЛА можно разделить на два вида: поступательное и вращательное. Оно имеет шесть степеней свободы, каждой из которых соответствует своя скоростная координата ($\vec{V} = [V_x, V_y, V_z]^T$, $\vec{\Omega} = [\omega_x, \omega_y, \omega_z]^T$) относительно осей декартовой системы координат. Вращательное движение ЛА определяется равновесием моментов сил воздействующих на него в любой момент времени и приводит к изменению ориентации ЛА в пространстве. Поступательное движение ЛА определяется равновесием сил воздействующих на него в каждый момент времени и приводит к изменению пространственных координат ЛА. Динамические уравнения движения ЛА в пространстве могут быть записаны в различной форме в зависимости от выбора системы координат и переменных параметров. Уравнения движения относительно связанной с объектом системы координат наиболее компактно записываются в векторной форме [4]:

$$m \left(\frac{d\vec{V}}{dt} + \vec{\Omega} \vec{V} \right) = \vec{F}_a + \vec{T} + \vec{G}, \quad (1)$$

где m - масса ЛА; F_a - аэродинамическая сила; T - сила тяги двигателей; G - сила тяжести.

На ЛА действуют (рис. 2) сила земного притяжения G и противодействующие ей аэродинамические силы и сила тяги двигателей T . При маневрировании на ЛА также воздействует центробежная (поперечная) сила F_i .

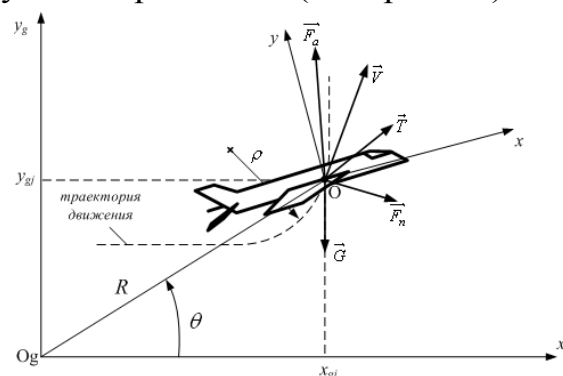


Рис. 2. Кинематика движения ЛА (в вертикальной плоскости)

На рис.2: xOy - связанная система координат; $x_g O_g y_g$ - земная неподвижная система координат; R - радиальная дальность до ЛА; θ - угол места ЛА; ρ - радиус кривизны траектории.

Суммарная аэродинамическая сила F_a включает в себя подъемную аэродинамическую силу несущих поверхностей (крыла, хвостового оперения) и аэродинамическую силу органов управления (в том числе органов НУПС).

В проекциях на связанные оси (1) имеет следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dV_x}{dt} + \omega_y V_z - \omega_z V_y &= \frac{F_{ax} + T_x}{m} + g \sin \vartheta, \\ \frac{dV_y}{dt} + \omega_z V_x - \omega_x V_z &= \frac{F_{ay} + T_y}{m} - g \cos \vartheta \sin \gamma, \\ \frac{dV_z}{dt} + \omega_x V_y - \omega_y V_x &= \frac{F_{az} + T_z}{m} + g \sin \vartheta \sin \gamma, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где $g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения; ϑ - угол тангажа; γ - угол крена.

Рассмотрим подробнее первый тип маневра СМЛА, который может приводить к появлению высших производных радиальной дальности – скачкообразное изменение положения ЛА в вертикальной плоскости. При этом считаем, что ориентация ЛА в пространстве не изменяется, то есть вращательное движение ЛА отсутствует ($\omega_x = 0$, $\omega_y = 0$, $\omega_z = 0$, $\gamma = const$, $\vartheta = const$, $\psi = const$).

Тогда система уравнений (2), описывающих динамику движения ЛА в пространстве преобразуется в систему независимых уравнений, определяющих поступательные движения ЛА по соответствующим осям связанной системы координат:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dV_x}{dt} &= \frac{F_{ax} + T_x}{m} + g \sin \vartheta, \\ \frac{dV_y}{dt} &= \frac{F_{ay} + T_y}{m} - g \cos \vartheta \sin \gamma, \\ \frac{dV_z}{dt} &= \frac{F_{az} + T_z}{m} + g \sin \vartheta \sin \gamma, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Из (3) видно, что изменение вертикальной составляющей вектора скорости ЛА возможно в случае изменения F_{ay} или T_y (массу ЛА на интервале наблюдения считаем величиной постоянной $m = const$). В случае скачкообразного изменения F_{ay} или T_y , изменение вертикальной составляющей вектора скорости ЛА тоже будет иметь скачкообразный характер.

Скачкообразное изменение F_{ay} может быть вызвано непосредственным управлением подъемной силой, а изменение T_y с помощью пространственного управления вектором тяги двигателя. Управление органами НУПС и пространственным положением вектора тяги двигателя осуществляется с помощью бортовых систем управления по команде пилота. Следует отметить, что изменение F_{ay} или T_y не может происходить мгновенно, поскольку время реакции пилота величина конечная и не равная нулю, а контур системы управления имеет определенную постоянную времени установления.

Непосредственное управление подъемной силой и управление вектором тяги двигателя могут осуществляться независимо. Рассмотрим частный случай только непосредственного управления подъемной силой ЛА с помощью системы

НУПС. При этом считаем, что ЛА движется равномерно прямолинейно в горизонтальной плоскости, модуль и ориентация вектора тяги двигателя не изменяется, соответственно горизонтальная составляющая вектора скорости ЛА постоянна $V_x = const$.

Система НУПС может быть представлена в виде последовательного соединения звеньев (рис. 3): пилот (П), управитель (У), исполнительные механизмы и органы НУПС (ИМОУ), корпус объекта (КО).

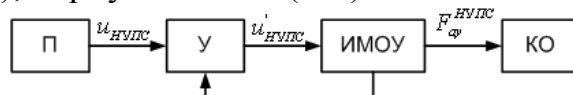


Рис. 3. Звенья системы НУПС

Пилот вырабатывает сигнал команды для органов НУПС $u_{НУПС}$. Управитель осуществляет преобразование сигнала команды в сигналы управления органами НУПС $u'_{НУПС}$. Изменение положения органов НУПС приводит к появлению дополнительной аэродинамической подъемной силы $F_{ay}^{НУПС} = m a_y = m \frac{dV_y}{dt}$ (a_y – вертикальная составляющая ускорения ЛА), которая воздействует на корпус объекта (КО) и приводит к изменению его пространственного положения. Звено корпус объекта описывается системой уравнений (3).

Максимальная величина, на которую может кратковременно увеличиваться аэродинамическая сила, создаваемая средствами НУПС, ограничивается максимальным значением поперечной (центробежной) силы, к возникновению которой она приводит при движении ЛА по криволинейной траектории [5]:

$$F_{ay}^{\max} \leq F_n^{\max} = m \cdot W_n^{\text{don}} = m \frac{V^2}{\rho}, \quad (4)$$

где W_n^{don} – максимально допустимое поперечное ускорение (максимальная эксплуатационная перегрузка).

Концепция использования и конкретизация алгоритмов НУПС в настоящее время находятся в стадии становления. Поэтому, для упрощения, систему НУПС, включающую звено управителя и исполнительные механизмы, представим в виде единого инерционного звена с общей передаточной функцией вида:

$$\Phi_{НУПС}(p) = \frac{K_{НУПС}}{T_{НУПС} \cdot p + 1}, \quad (5)$$

где $K_{НУПС}$ и $T_{НУПС}$ – соответственно, коэффициент передачи и постоянная времени системы НУПС.

При нормированном сигнале команды $|u_{НУПС}| \leq 1$, с учетом (4), для коэффициента передачи системы НУПС должно выполняться ограничение $K_{НУПС} \leq \frac{a_y^{\max}}{W_n^{\text{don}}}$.

Результаты моделирования. На основании уравнений (3), (5), с учетом принятых допущений, было проведено имитационное моделирование скачкообразного движения СМЛА в вертикальной плоскости, которое позволило определить изменение высших производных радиальной дальности (ускорения $a_R = \frac{d^2 R}{dt^2}$, инве-

рации $inv_R = \frac{d^3 R}{dt^3}$) и их максимальные значения при таком типе движения. На рис. 3, 4 приведены результаты оценки уровня высших производных дальности. Во всех экспериментах принято $W_n^{don} = 9g$.

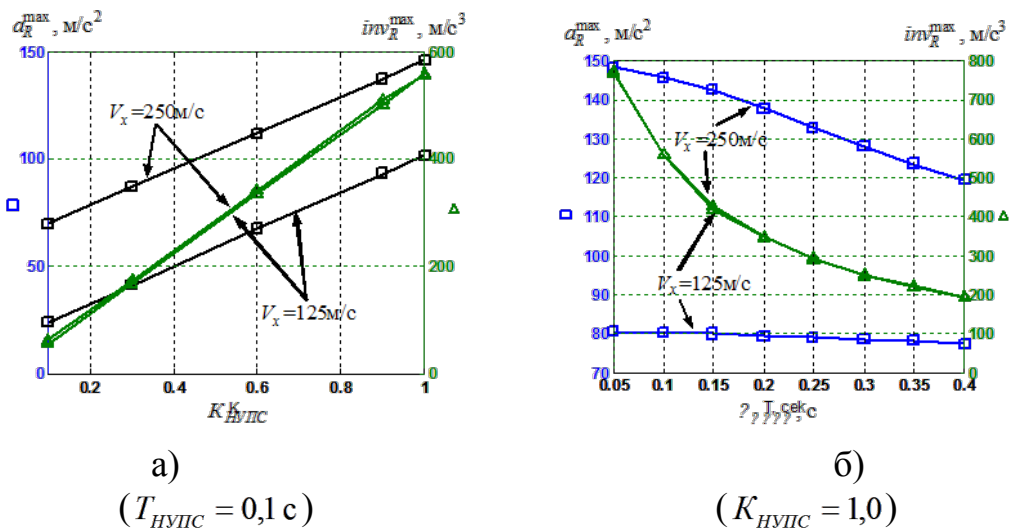


Рис. 3. Зависимость максимальных значений высших производных дальности от параметров системы НУПС

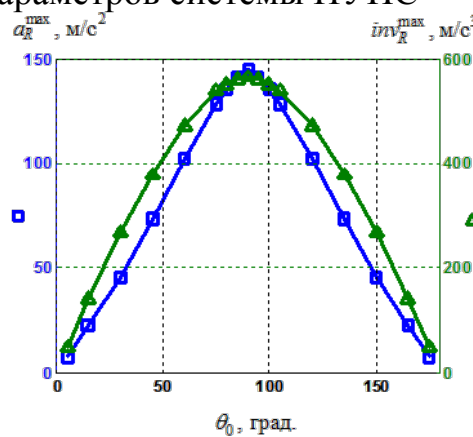


Рис. 4. Зависимость максимальных значений высших производных дальности от начального угла места СМЛА ($T_{НУПС} = 0,1 \text{ с}$; $K_{НУПС} = 1,0$; $V_x = 250 \text{ м/с}$)

Изменение ориентации вектора тяги двигателя приводит к возникновению дополнительных приращений ΔT_y и ΔT_x составляющих суммарной аэродинамической силы, действующей на корпус объекта и, как следствие, к изменению вертикальной V_y и горизонтальной V_x составляющих вектора скорости ЛА. По этой причине считать движение ЛА равномерным в горизонтальной плоскости нельзя, но допущение о постоянстве силы тяги двигателя и, как следствие – постоянстве модуля вектора скорости, вполне правомерно.

Систему управления вектором тяги двигателя (СУТД) можно представить аналогично системе НУПС (см. рис. 3). При этом, кроме ограничения на коэффициент передачи звена СУТД, следует учесть и ограничение на величину угла поворота вектора тяги двигателя, характерное для современных СМЛА.

С учетом этих допущений было осуществлено имитационное моделирование скачкообразного движения СМЛА в вертикальной плоскости за счет изменения ориентации вектора тяги двигателя (без использования средств НУПС). Результа-

ты оценки максимальных значений высших производных радиальной дальности до ЛА для указанного случая приведены на рис. 5.

При моделировании учитывалось ограничение на величину угла отклонения вектора тяги двигателя – $\psi_T^{\max} = 10^\circ$.

Следует отметить, что:

- при тех же параметрах СУТД, управление вектором тяги двигателя приводит к достижению допустимых эксплуатационных перегрузок ($W_n^{\text{don}} = 9g$) при меньших скоростях полета ЛА, чем при использовании средств НУПС;

- зависимость максимальных значений высших производных дальности от начального угла места СМЛА при управлении вектором тяги двигателя имеет такой же характер, что и в случае использования средств НУПС (см. рис. 4).

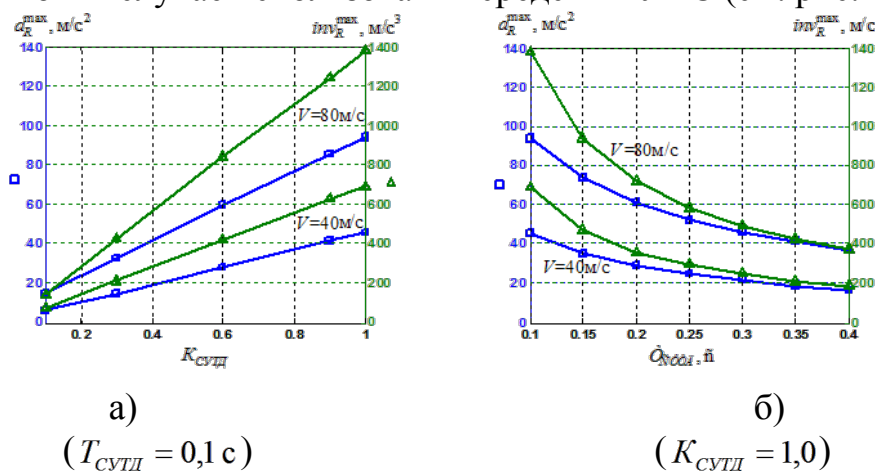


Рис. 5. Зависимость максимальных значений высших производных дальности от параметров системы управления тягой двигателя

В заключительной части эксперимента было проведено моделирование скачкообразного движения СМЛА в вертикальной плоскости при совместном управлении ориентацией вектора тяги двигателя и подъемной силой ЛА. Результаты оценки максимальных значений высших производных радиальной дальности представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты оценки максимальных значений высших производных радиальной дальности

$V, \text{m/c}$	$K_{НУПС}$	$K_{СУТД}$	$a_R^{\max}, \text{m/c}^2$	$inv_R^{\max}, \text{m/c}^3$
125	0,15	0,6	87,6	1302
	0,6	0,5	103,8	1042
250	0,15	0,3	87,5	1317
	0,6	0,25	88,5	1084

Результаты, представленные в табл. 1, получены при $T_{СУТД} = T_{НУПС} = 0,1 \text{ c}$, $\theta_0 = 90^\circ$ и ограничениях, использованных в предыдущих экспериментах. Параметры соответствующих звеньев управления $K_{НУПС}$ и $K_{СУТД}$ подбирались таким образом, чтобы поперечное ускорение СМЛА, возникающее при движении, кратко-

временно достигало значений предельных эксплуатационных перегрузок при максимальных значениях высших производных радиальной дальности.

Заключение. Моделирование одного из видов движения СМЛА, приводящего к возникновению высших производных радиальной дальности до ЛА, позволило получить численные оценки уровня радиальных ускорений и инверсий для различных параметров систем управления и режимов полета и определить характер их изменений. Анализ результатов моделирования показывает, что управление вектором тяги двигателя в большей степени сказывается на уровне третьей производной радиальной дальности, в то время как непосредственное управление подъемной силой – на уровне второй. Причем управление вектором тяги двигателя приводит к значительному росту высших производных радиальной дальности при меньших скоростях полета ЛА, чем при управлении подъемной силой. Результаты моделирования так же дают основание утверждать, что наибольшее влияние маневрирования СМЛА на работу РТСС оказывается при углах мест, близких к 90° .

Следует все же отметить, что численные значения, полученные в работе, являются ориентировочными, поскольку движение ЛА рассматривалось как движение материальной точки, не учитывалось возможное изменение ориентации ЛА при совершении маневра. Кроме того, звенья систем непосредственного управления подъемной силой и управления вектором тяги двигателя рассматривались как инерционные звенья первого порядка. Более точные модели этих звеньев позволяют уточнить полученные численные характеристики уровня высших производных дальности.

Список литературы: 1. Інженерні основи функціонування і загальна будова аерокосмічної техніки: [підруч. для вищих навчальних закладів (напрямок «Авіація і космонавтика»)] Ч. 1 / В.С. Кривцов, Я.С. Карпов, М.М. Федотов. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2002. – 468 с. 2. Авиация. Энциклопедия / гл. ред. Г.П. Свищев. – М.: БЭС, 1994. – 736 с. 3. Канащенко А.И. Облик перспективных бортовых радиолокационных систем. Возможности и ограничения / Канащенко А.И., Меркулов В.И., Самарин О.Ф.– М.: ИПРЖР, 2002. – 176 с. 4. Остославский И.В. Динамика полета. Траектории летательных аппаратов / И.В. Остославский, И.В. Стражева – М.: Машиностроение, 1969. – 500 с. 5. Типугин В.Н. Радиоуправление / В.Н. Типугин, В.А. Вейцель – М.: Советское радио, 1962. – 750 с.

Поступила в редколлегию 12.04.2010

УДК 621.96

К.К. ДИАМАНТОПУЛО, канд. техн. наук, доцент, ПГТУ, г. Мариуполь
М.О. ЛЕСОВОЙ, аспирант, ПГТУ, г. Мариуполь

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ РАЗДЕЛЕНИЯ ГНУТЫХ

ПРОФИЛЕЙ И ТРУБ

Розглянуті і проаналізовані різновиди розділового інструменту і технології розділення гнутих профілів і труб. Визначені шляхи підвищення якості зрізу, збільшення продуктивності і номенклатури завдяки впровадженню у виробництво нового оснащення і інструменту.

Considered and analysed to the variety of dividing instrument and technology of division of the bent types and pipes. The ways of upgrading of cut are certain, increases of the productivity and nomenclature due to applying in industry of the new rigging and instrument.

В последнее время в мире наметилась устойчивая тенденция к применению все большего количества гнутых металлических профилей в строительной индустрии. За последние 10 лет увеличились не только объемы производства гнутых металлических профилей, но и существенно расширился их сортамент. Сегодня гнутые профили применяются практически во всех областях строительства – от армирования металлопластиковых окон, возведения несущих и ограждающих конструкций до применения их в качестве финишных, отделочных и декоративных элементов.

Широкое применение гнутых профилей для строительства обусловлено значительной экономией металла и трудовых затрат, возможностью получения тонкостенных гнутых профилей практически любого поперечного сечения. Первые упоминания о применении гнутых металлических профилей для строительства относятся к 1855 г., когда для возведения муниципального здания в Нью-Йорке применялись двутавровые балки, собранные из двух профилей швеллерного типа, соединенных заклепками. Для удовлетворения растущего спроса на гнутые профили еще в прошлом веке были спроектированы, построены и введены в эксплуатацию профилегибочные станы. Например, в США первые профилегибочные агрегаты были установлены в 1910г., в Европе они появились несколько позже. В настоящее время промышленное производство гнутых профилей является необходимым атрибутом всех экономически развитых стран.

Резка металла на заданные по длине размеры ведется на всех предприятиях, связанных с его производством или переработкой. Будучи неотъемлемой частью производственного процесса, резка металла в ряде случаев становится «узким местом», ограничивающим производственные возможности. Это касается, главным образом, резки металла большого сечения или металла, находящегося в движении, в частности, резки профилей и труб. Резка движущегося металла известным в производстве методом с применением летучих отрезных устройств характеризуется малой производительностью, наличием стружки, малыми межремонтными сроками работы уникального оборудования, большими технологическими припусками и другими недостатками [1,2].

В ряде случаев летучие отрезные устройства, в виду их низкой пропускной способности, являются элементами, ограничивающими производительность основных агрегатов, например, трубоэлектросварочных (ТЭС) и профилегибочных станков (ПГС) [2-6].

В связи с выше изложенным становится очевидной необходимость совершенствования существующих и изыскания прогрессивных методов разделения движущихся профилей.

Целью настоящей работы является анализ разделительных операций в линии ПГС и ТЭС. Совершенствование процессов резки непрерывно движущегося материала требует определения перспективных направлений развития технологии его разделения.

Возникающие проблемы во время резки непрерывно движущегося металла (проката, профиля, трубы) связаны с качеством получаемых заготовок, производительностью труда и остаются актуальными на нынешний день в связи с повышением стандартов качества, предъявляемых к изделиям, увеличения сортамента выпускаемой продукции и стремлением повышения производительности труда.

Однако ранее известные устройства для резки проката не позволяли выполнять технологические операции по разделению непрерывно движущегося металла. В связи с этим было предложено устройство [7], содержащее втулочные ножи со скошенной поверхностью. Для обеспечения резки непрерывно движущегося проката (рис.1), угол скоса втулочного ножа выполняется равным по крайней мере углу, образованному вектором скорости перемещения подвижного ножа и результирующей от его геометрического сложения с вектором скорости перемещения проката, а подвижный плоский нож выполнен с полостью, расположенной со стороны торца втулочного ножа, и установлен с возможностью поворота в плоскости, параллельной плоскости его перемещения. С целью повышения качества реза подвижный плоский нож снабжен пружинами, поджимающими его к торцу втулочного ножа, перед началом процесса резки.

В процессе резки режущая кромка поворотного ножа поднимается к кромке неподвижного ножа дифференцированным моментом, возникающим от действия сил сопротивления резу, приложенным в разных плоскостях.

Предложенное устройство позволяет выполнять резку движущегося металла, но его недостатком было невысокое качество поверхности среза заготовок. С целью повышения качества среза, устройство [7] было снабжено узлом принудительного поворота подвижного плоского ножа [8]. Узел принудительного поворота подвижного плоского ножа выполнен в виде толкателя, расположенного со стороны торца втулочного ножа и скрепленного с подвижным плоским ножом, и подпружиненного поворотного рычага, шарнирно связанного со станиной и взаимодействующего с толкателем. Таким образом, устройство позволяет исключить контакт поворотного плоского ножа с поверхностью изделий, исключить его затупление и нанесение на ней механических повреждений (риски, царапины), что позволило повысить качество изделий и выход годного. При использовании данного устройства актуальной остается проблема низкой производительности труда.

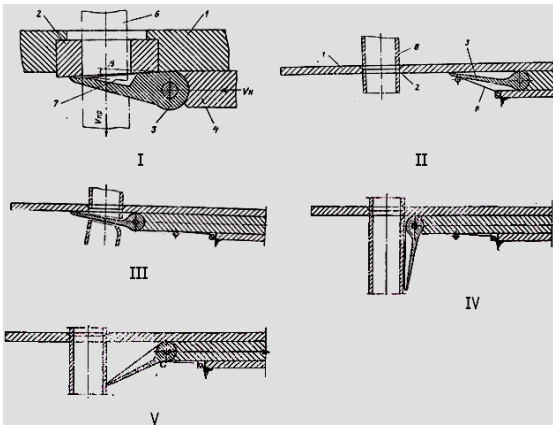


Рис. 1. Устройство для резки проката:

I-V- этапы резки:

- 1- станина; 2- втулочный нож; 3- плоский нож ; 4- суппорт; 5- силовой цилиндр; 6- прокат; 7- полость в ноже; 8- пружина.

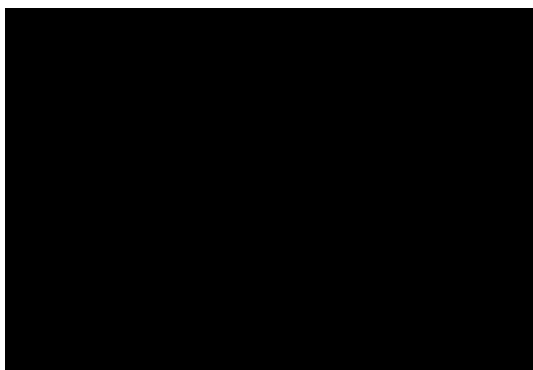


Рис 2. Штамп для резки движущегося материала:

- 1-основание; 2- ось; 3- держатель втулочного ножа; 4- втулочный нож; 5-гайка; 6- тяга; 7- ось; 8-втулочный нож; 9- ось; 10- плоский приводной поворотный нож; 11, 12- пружины; 13- ноже держатель; 14- шарнир; 15- толкатель; 16- пружина; 17- ось; 18-рычаги; 19- втулка; 20- ось; 21, 22- кронштейны; 23- болт.

устройства [9], т.к., ограничивало сортамент продукции в виду невозможности качественного разделения заготовок. С целью расширения номенклатуры разрезаемых профилей и повышения качества резки устройство [10], приведенное на рис.3, снабжено узлом поворота матрицы [11] который смонтирован в виде ресивера, дросселя и силового цилиндра, размещенного в держателе подвижного плоского ножа и взаимодействующего с матрицей при помощи штока, в котором сделан канал, соединяющий полость силового цилиндра с ресивером.

Устройство (см. рис. 3) содержит корпус 1, роликовую опору 2 и матрицу 3, размещенные в корпусе, плоский нож 4, шарнирно соединенный с держателем 5 и установленный с возможностью возвратно-поступательного перемещения по-

В связи с этим в 1982 году было предложено устройство [9] позволяющее повысить качество разделяемых заготовок и производительность труда за счет снабжения устройства держателем, втулочным ножом, размещенным со стороны разрезаемого материала, шарнирно смонтированный в держателе, причем втулочный нож, размещенный со стороны отрезаемой заготовки, шарнирно связан с держателем, при этом держатель посредством тяг шарнирно связан с основанием, а оба втулочных ножа подпружинены к основанию (см. рис.2).

В связи с применением устаревших конструкций устройств для резки движущегося профиля и обновлением номенклатуры выпускаемой продукции возникла проблема искажения формы изделий во время разделительных операций. Устройство которое частично позволяет решить возникшие проблемы может решить конструкция по источнику [10], которая позволят резать на ходу только профили, имеющие жесткость, достаточную для преодоления сопротивления, создаваемого силами трения в роликах опоры, шарнирах ножа и матрицы, что являлось существенным недостатком

средством привода в направлении, перпендикулярном к перемещению металла, и узел 6 поворота матрицы 3.



Рис 3. Устройство для резки движущегося профильного материала

Режущая кромка плоского ножа 4 контактирует с торцом матрицы 3, которая установлена краем 7 шарнирно в корпусе 1, а краем 8 — с возможностью перемещения по радиусу на роликовой опоре 2, и подпружинена относительно держателя 5. Ось 9 шарнира, соединяющая плоский нож 4 через держатель 5 с приводом, расположена перпендикуля-

рно к направлению перемещения металла. Узел 6 поворота матрицы 3 выполнен в виде ресивера 10, дросселя 11, гибкого трубопровода 12, связывающего дроссель 11 с ресивером 10, силового цилиндра 13 и штуцера 14, закрепленного на нем. Дроссель 11 может быть установлен или на ресивере 10 или на штуцере 14. Силовой цилиндр 13 размещен в держателе 5 и его шток 15 выполнен с каналом 16, соединяющим полость 17 силового цилиндра 13 с ресивером 10.

Одной из технических проблем в области резки движущихся гнутых профилей проката является безотходное разделение с сохранением геометрических размеров поперечного сечения профиля произвольной формы без ограничения скорости профилирования. Способы [12-15] резки движущихся труб в линиях различных станов включают перемещение профиля (трубы) в осевом направлении и окончательное отделение с отходом на прорезной слой мерной заготовки. Для резки движущегося профиля применяют одно из известных "летучих" отрезных устройств: "летучие" пилы, "летучие" штампы и т. п., которые не только искажают поперечное сечение профиля (смятие, завальцовка, косина реза подрезы, заусенцы и т. п.), но и ограничивают максимально возможную скорость профилирования, то есть снижает производительность стана, из-за необходимости возвратно-поступательного перемещения вместе с разрезаемым профилем режущего узла, имеющего значительную массу.

Известен способ резки профиля [16], заключающийся в том, что профиль предварительно надрезают сдвигом на величину, меньшую глубины трещинообразования, перемещают профиль в осевом направлении на величину длины отрезаемой заготовки, фиксируют его, а затем осуществляют предварительный надрез последующей заготовки и одновременно окончательно отрезают предыдущую заготовку по плоскости предварительного надреза.

Однако надрезка сдвигом готового профиля, особенно закрытого типа, приводит к сильному смятию поперечного сечения, а перемещение в осевом направлении на величину отрезаемой заготовки и последующая фиксация надрезанного профиля исключают возможность окончательного отделения мерной заготовки в процессе перемещения профиля в линии непрерывного стана, или недопустимо снижает производительность стана. Кроме этого окончательная отрезка предыдущей заготовки от профиля по плоскости предварительного надреза в направлении, противоположном направлению предварительного надреза, также приве-

дет к смятию поперечного сечения, как и в случае предварительного надреза профиля.

Решения данной проблемы возможно путём использования изобретения [17], суть которого приведено на рис.4, согласно которому после надрезки сдвигом неспрофилированной непрерывно движущейся ленты, производят спрямление её в направлении, противоположном направлению предварительного надреза, профилируют ленту в профиль требуемого сечения с последующим окончательным отделением профиля. При этом окончательное отделение профиля осуществляют приложением знакопеременной ломающей нагрузки или разогревом места надреза с приложением растягивающей нагрузки.

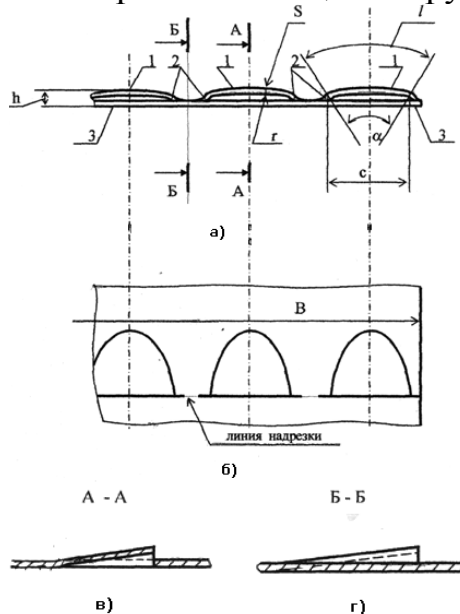


Рис. 4 - Надрезанная лента дугообразным ножом (фронтальный вид)

где: 1 - прорезанный участок; 2 - надрезанный участок; 3 - сплошная лента; h - толщина ленты; r - внутренний радиус дуги участка после сдвига с прорезкой; h - высота изгиба штабы после сдвига с прорезкой; l - длина дуги участка после сдвига с прорезкой; α - центральный угол прорезки по дуге участка; c - ширина прорезанного участка (хорда при центральном углу); А-А, Б-Б - поперечные разрезы.

а) – Схема прорезки и надрезки полосы в поперечном направлении перед заходом в профилирующие ролики ПГС.

б) - Надрезанная лента дугообразным ножом (вид сверху), где B - ширина ленты.

в) - Поперечный разрез А-А - форма прорезанного участка.

г) - Поперечный разрез Б-Б - форма прорезанного участка.

ограничение на величину скорости профилирования, обусловленное необходимостью перемещать в двух направлениях на значительные расстояния со скоростью равной скорости перемещения профиля, массивный режущий узел "летучего" от-

Возможность разделения профиля любой формы появляется за счет того, что после надрезки сдвигом и спрямления движущейся полосы, получают ленту с концентраторами напряжений, перпендикулярными или под углом к боковой стороне ленты, далее из ленты профилируют гнутый профиль с концентратором, расположенным по всему сечению профиля, что предопределяет разделение профиля по плоскости надреза без смятия. Предложенные операции, выполняемые в указанной последовательности, позволяют исключить необходимость использования "летучего" отрезного устройства, так как процесс окончательного разделения профиля осуществляют в правильном агрегате при приложении знакопеременной ломающей нагрузки. Это, в свою очередь, позволяет снять

резного устройства, который установлен после правильного агрегата и занимающий значительные производственные площади. Однако данное устройство сложно технологически и требует конструктивных изменений путем исключения дополнительных узлов.

Представленный способ [18] позволяет улучшить качество выпускаемых изделий и повысить производительность труда.

Оптимизировать величину растягивающих напряжений и снизить деформацию в участках, которые прилегают к фигурному ножу, возможно также изменяя форму надреза, например, из дугообразной на П-образному или какую-то другую, или благодаря совместимому использованию формы ножей (верхний - нижний): плоский - дугообразный, дугообразный - плоский, дугоподобный- дугоподобный (в противофазе), плоский- П -образный, П -подобно-плоский, П- образный -П- образный (в противофазе), П- подобно-дугообразный (в противофазе), дугообразный- П- образный (в противофазе) и такое др.

Предложенное изобретение позволяет повысить качество реза и скорость профилирования при производстве гнутых профилей проката на непрерывных станах.

Таким образом, проанализировав известные устройства разделения гнутых профилей и труб, тенденцию развития номенклатуры и требований к качеству поверхностей разделяемых заготовок, приходим к выводу, что разработка новых способов разделения, исключающие недостатки известных, является актуальной технической задачей. Внедрение в технологический процесс инновационных изобретений в области разделения гнутых профилей и труб, позволит повышать производительность станов с возможностью получения тонкостенных гнутых профилей практически любого поперечного сечения без нарушения геометрической формы поперечного сечения профиля.

Список литературы: 1. Автоматизация трубопрокатных и трубосварочных станов. Волков В.В., Достенко М. А., Тетиор Л. Н. М., «Металлургия», 1976, 248с. 2. Соловцов С.С. Безотходная резка сортового проката в штампах/ С.С. Соловцов.-М.: Машиностроение, 198. -175с. 3. Веселовский С.Н. Резка материалов./С.Н. Веселовский.-М.: Машиностроение, 1973. -360с. 4. Диамантопуло К.К. Прогрессивная технология разделки исходных материалов в кузнечно-штамповочном производстве: учебное пособие/ К.К. Диамантопуло, А.П. Атрощенко Ж Мариупольский металлург.инст-т.- Мариуполь,1992.- 60с. 5. Авторское свидетельство СССР № 505532, М кл.². В 23D 25/02. Летучие ножницы. Г.Р. Хейфец, А.Ф. Белоусов, Н.И. Шебенко. 6. Авторское свидетельство СССР № 540709, М кл.². В 23D25/00. Устройство для резки движущегося профильного металла / А.Д. Кирицев, Диамантопуло К.К. (СССР).- №2186865 Заявл. 04.11.1975; Оpubл. 12.08.1976 Бюл. №48. 7. Авторское свидетельство СССР № 526460, М кл.² В26D 25/00, В 26D 1/00. Устройство для резки проката. А.Д. Кирицев, К.К. Диамантопуло, А.С. Брук, Г.Г. Эпштейн. (СССР).- №1938344; Заявл. 08.06.1973; Оpubл. 30.08.1976, Бюл. №32. -8с.; ил. 8. Авторское свидетельство СССР № 617187, М кл.². В 23 D25/00, В26 D1/00. Устройство для резки движущегося профильного металла. А.Д. Кирицев, К.К. Диамантопуло. (СССР).- №2455803; Заявл. 23.02.1977; Оpubл. 30.07.1978, Бюл. №28. -4с.; ил. 9. Авторское свидетельство СССР № 674845, М кл.² В.23 D 25/00, В26 D 1/00. Устройство для резки проката. А.Д. Кирицев, К.К. Диамантопуло, А.П. Андрищенко. (СССР).- №2605653; Заявл. 25.01.1978; Оpubл. 25.07.1979, Бюл. №27.-4с.; ил. 11. Авторское свидетельство СССР № 816704, М. кл.² В 23 D 21/00. Штамп для резки труб / А.З. Шпунт (СССР).- №2751032; Заявл. 11.03.1979; Оpubл.08.12.1979, Бюл. №12. 12. Авторское свидетельство СССР № 893418, М кл.² В 23 D 25/00, В 23 D 21/04. Штамп для резки движущегося материала. Л.Н.Соколов, Л.Л. Роганов, К.К. Диамантопуло

(СССР).- №2895727; Заявл. 17.03.1980; Оpubл. 30.12.1981, Бюл. №48. -бс.; ил. 13. Авторское свидетельство СССР № 1013136, М кл³. В 23 D 23/00. Штамп для резки профилей. С.С. Гаврилов, Н.С. Суворощев (СССР).- №3331845; Заявл. 01.09.1981; Оpubл. 5.02.1982, Бюл №15. 14. Авторское свидетельство СССР №1406895, М кл⁴. В 21 J 13/02. Устройство для получения деталей. К.К. Диамантопуло, Б.С.Каргин, А.Г. Дончев и А.В.Мкртчян (СССР).- №4109983; Заявл. 05.08.1986; Не опубл. 15. Авторское свидетельство СССР № 1311864 кл. В 23 D 21/00. Отрезной штамп / К.К. Диамантопуло, А.Д. Кирицев, С.Н. Горелов (СССР).- №3864314 Заявл. 04.03.1985; Оpubл. 13.02.1987, Бюл. №19. 16. Авторское свидетельство СССР № 15972534, кл. В 23 D 23/00. Способ разделения гнутых швеллеров и инструмент лутучих ножниц для его осуществления / В.В. Тюлевин, В.И. Грідневский (СССР).- № 2269411; Заявл. 04.07.1988; Заявл 04.05.1990, Бюл. №37. 17. Пат. 21171А Україна, МКВ 6 В 23 D 23/00. Спосіб поділу гнучких профілей прокату / К.К. Діамантопуло, В.І. Капланов, (Україна).- № 94043267; Заявл.12.04.1994; Оpub. 27.02.1998, Бюл. №1. -бс.; ил. 18. Пат. 4815U Україна МКВ 7 В 23 D 23/00. Штамп для поділу профілів / К.К. Діамантопуло, О.І. Сердюк, (Україна). – №20040403099; Заявл. 26.04.2004; Оpubл. 15.02.2005, Бюл.№2.- бс.; ил. 19. Пат. 4816U Україна МКВ 7 В 23 D 23/00. Спосіб поділу гнутих профілів. К.К. Діамантопуло, О.І. Сердюк, Ю.К. Діамантопуло, (Україна).- № 20040403100; Заявл. 26.04.2004; Оpubл. 15.02.2005, Бюл.№2.- бс.; ил.

Поступила в редколлегию 12.04.2010

УДК 621.43

А.В. БЕЛОГУБ, канд. техн. наук, технич. директор ОАО «АВТРАМАТ»
В.А. ПЫЛЕВ, д-р техн. наук, профессор, НТУ «ХПИ»

ОЦЕНКА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ТЕРМОНАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТОНКОСТЕННОГО ПОРШНЯ ДВС

Запропоновано методику визначення високочастотного термонапруженого стану поверхні камери згоряння поршня двигуна внутрішнього згоряння у тривимірній постановці. Здійснено розрахунки для поршня двигуна MeMZ-2457. На основі отриманих результатів запропоновано розгалужену стратегію проектування поршнів, за якою для тонкостінних поршнів бензинових двигунів вилучаються процедури визначення ресурсної міцності камери згоряння.

Technique of determining high heat and surface combustion piston engine in 3-D. Calculations for piston engine MeMZ-2457. On the basis of the results, before branching strategy design, with a thin-walled Pistons gasoline engines are the procedures for determining resource strength of the combustion chamber.

Постановка проблеми. Поршень является одной из ресурсопределяющих деталей двигателей внутреннего сгорания (ДВС). При этом его конструкция в значительной степени влияет на все основные показатели современных двигателей. По этой причине разработка, изготовление, расширение первичного и вторичного рынков сбыта поршней отечественного производителя сегодня невозможны без соответствующего научного поиска, использования передовых математических моделей анализа и процедур проектирования, совершенствования на этой основе конструкторских возможностей участников процесса.

Традиционно основное внимание исследователей уделяется разработке концепции проектирования и обеспечения ресурсной прочности массивных поршней дизельных двигателей. Однако, несмотря на общую тенденцию относительного увеличения количества дизельных двигателей, их доля в Европе и, особенно, в странах СНГ, а также в Украине, далеко не превышает доли бензиновых. При

этом важно, что тонкостенный поршень бензинового двигателя, вследствие специфических требований к нему, имеет значимые конструктивные особенности.

В связи с этим актуальность работы состоит в развитии методов проектирования тонкостенного поршня, что позволяет решить сложную научно-техническую проблему обеспечения ресурса и повышения технического уровня ДВС.

Анализ последних достижений и публикаций. Методы прочностного анализа поршней ДВС базируются на результатах расчета температурного и напряженно-деформированного состояния конструкций. При этом известные расчетные методики высокочастотного термонапряженного состояния поверхности камеры сгорания (КС) поршня основаны на использовании одномерных моделей и использовании метода конечных разностей [1-3]. Такой подход применяется к анализу конкретной зоны массивных поршней дизельных двигателей – кромки КС [3]. При рассмотрении поршней бензиновых двигателей вследствие большого разнообразия форм КС и неопределенности местоположения наиболее теплонапряженной зоны известный подход является неприемлемым.

Цель и постановка задач исследования. Особенности конструкций тонкостенных поршней бензиновых двигателей требуют выполнения расчетов высокочастотного температурного и напряженно-деформированного состояния детали в трехмерной постановке. Этот подход требует решения задачи установления методом конечных элементов. Реальное время установления температурного состояния тонкостенного поршня составляет порядка 0,5 мин. При частоте вращения коленчатого вала (КВ) двигателя порядка 5000 мин^{-1} это предполагает выполнения более 1200 расчетов для одного рассматриваемого конструктивного варианта. С учетом вариантного проектирования поставленная задача на сегодня является предельно неэкономичной. В связи с этим целью исследования является разработка экономичной методики определения высокочастотного термонапряженного состояния тонкостенного поршня ДВС.

Для достижения поставленной цели в работе решались задачи разработки оценочной методики нестационарного высокочастотного термонапряженного состояния конструкции, позволяющей достоверно определять уровень ресурсной прочности наиболее теплонапряженной зоны КС, и выполнения расчетного исследования для конструктивного варианта поршня, результаты исследования которого могут быть обобщены.

Методика моделирования. Разработанная оценочная методика нестационарного высокочастотного термонапряженного состояния поршня рассчитана для использования на начальных этапах проектирования в условиях наличия неполной информации о граничных условиях (ГУ) решаемой задачи. При этом постановка последней осуществляется на основе допущений, которые отвечают концепции гарантированного обеспечения ресурсной прочности [3]. При этом задача решается в два этапа. На первом устанавливается стационарное температурное поле поршня при среднецикловых локальных по поверхности КС значениях ГУ. На втором – выполняется один расчетный цикл при использовании данных о высокочастотных изменениях осредненных по поверхности КС ГУ.

Результаты моделирования. Расчетное исследование выполнялось применительно к поршню двигателя MeM3-2457, имеющего концентратор в КС. Это по-

зволило получить завышенный уровень теплонапряженности относительно совокупности конкурирующих конструкций. 3-D модель поршня была выполнена в системе Solid Works, последующие расчеты по МКЭ – в Cosmos Works. Конечноэлементная модель поршня представлена на рис.1.

Последующее определение стационарного температурного состояния конструкции выполнялось на основе идентификации локальных по поверхностям ГУ. Экспериментальные данные и результаты идентификации ГУ по двенадцати характерным зонам поверхности тонкостенного поршня представлены в [4].

Расчет рабочего процесса двигателя осуществлялся по методике и программе кафедры ДВС НТУ «ХПИ». Основные параметры расчетного режима представлены в табл. По полученным параметрам цикла с использованием формулы Эйхельберга определены средние по поверхности КС мгновенные значения коэффициента теплоотдачи.

Результаты расчетов единичного цикла высокочастотного теплонапряженного состояния поршня представлены на рис. 2.

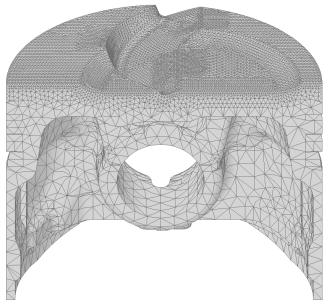


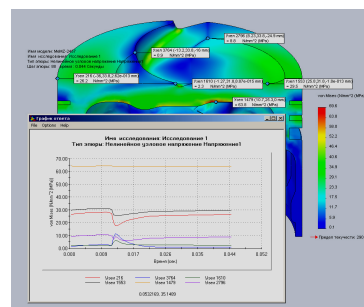
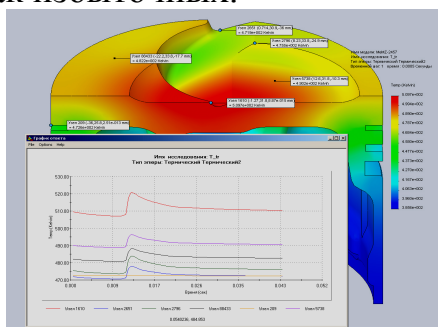
Рис. 1 – Конечноэлементная модель тонкостенного поршня с концентратором в КС

На основе полученных данных установлено, что волна температуры на поверхности КС не превышает 12К; амплитуда эквивалентных напряжений в характерных точках поршня составляет от 3 МПа в концентраторе КС при среднем уровне напряжений 2 МПа до 10 МПа в зоне выборки под клапан (средний уровень – 7 МПа). При этом в рабочих диапазонах температур поршня уровни термонапряжений не достигают предела ползучести алюминиевых поршневых сплавов снизу [3].

Таблица. Основные параметры расчетного режима ДВС

Среднее эффективное давление, МПа	0,845
Эффективная мощность, кВт	44
Частота вращения КВ, мин ⁻¹	5000
Эффективный КПД	0,31
Механический КПД	0,83
Удельный эффективный расход топлива, кг/кВт·ч	0,268

Установленные результаты позволяют использовать разветвленную стратегию проектирования, согласно которой в процессе совершенствования конструкций поршней ДВС возможно опускание процедур оценки ресурсной прочности КС, как избыточных.



а)

б)

Рис. 2. Результаты расчета высокочастотного температурного (а) и напряженного (б) состояния поршня

Выводы. Представленная в статье методика позволяет решить задачу оценки высокочастотного термонапряженного состояния поршней ДВС на начальных стадиях их проектирования либо модернизации в объемной постановке. Полученные с ее помощью результаты и обобщения свидетельствуют о правомерности исключения процедур оценки ресурсной прочности КС тонкостенных поршней бензиновых ДВС.

Список литературы: 1. Шеховцов А.Ф. Математическое моделирование теплопередачи в быстроходных дизелях. – Харьков: "Вища школа", 1978. – 153 с. 2. Кавтарадзе Р.З. Локальный теплообмен в поршневых двигателях. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 591с. 3. Пильов В. О. Автоматизоване проектування поршнів швидкохідних дизелів із заданим рівнем тривалої міцності. – Харьков: Издательский центр НТУ «ХПИ», 2001. – 332 с. 4. Белогуб А.В., Зотов А.А. и др. Исследование температурного поля поршня // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*: Зб. наук. праць. – Харків: ХАІ, 2002. – Вип. 31. С. 100-104.

Поступила в редколлегию 15.12.2009

УДК 621.746.6:669.046.516.4:669.715

Ю.В. ДОЦЕНКО, канд. техн. наук, доцент, НМеТАУ, м. Дніпропетровськ

ВПЛИВ ТИСКУ І МОДИФІКУВАННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛУ ВИЛИВКІВ СПЛАВІВ СИСТЕМИ Al-Si

У статті проаналізовані дані по впливу газодинамічного тиску та модифікування на властивості вилівка із сплаву А356. Приведені дані свідчать про високу ефективність сумісної дії тиску та модифікування на властивості металу вилівоків.

In article the data on influence gaso-dynamic pressure and modification on properties of casting from alloy A356 is analysed. The cited data testifies about high effectiveness joint influence of pressure and modification on properties of casting metal.

Вступ

Властивості литого металу залежать від цілого ряду чинників різної значущості. Тому розробка досить універсальних технологічних процесів, направлених на зниження непродуктивних втрат металу з одного боку, і на підвищення його якості - з іншого, незмінно є актуальним завданням технологів і дослідників.

Одним з найбільш поширених засобів досягнення цієї мети є модифікування. Крім того, до методів активної дії на формування структури злитків та вилівоків можна віднести процеси, пов'язані із застосуванням тиску, введенням в розплав пружних коливань, дії концентрованими джерелами енергії [1-7]. При цьому, вказані процеси мають, зокрема, певну технологічну специфіку, свої переваги і недоліки.

Аналіз попередніх публікацій

За сучасними уявленнями будова металевого розплаву не є гомогенною. У деякому інтервалі температур повного змішування атомів не відбувається, а виникають мікробласті із структурою ближнього порядку, характерною для кристалічної фази.

Ці утворення називають по-різному: атомними угрупованнями, скупченнями, згустками, острівцями, комплексами атомів, кластерами і т.п. Їх щільність і розміри залежать від стану розплаву. Із збільшенням ступеня перегріву вони диссоціюють, наближаючись до однорідної суміші різнорідних атомів. Але в передкристалізаційний період і в процесі кристалізації існуючі в розплаві атомні угруповання служать ініціаторами зародження однойменних кристалів. У евтектичному розплаві Al-Si такими підготовчими до кристалізації атомними скупченнями є кластери кремнію, що кристалізуються, із структурою, близькою до структури кристала або гетерофазні комплекси атомів кремнію (ГФКА Si), на базі яких і відбувається утворення кристалів кремнію.

Ефективний спосіб зміни морфології фаз, що кристалізуються, - їх твердіння в різко нерівноважних умовах [2-4, 6-15]. При цьому створюються умови для подібнення зерна, значного розширення розчинності в твердому стані, пригнічення зростання грубих включень первинних інтерметалідів. Зокрема, в технологічних схемах лиття з кристалізацією сплавів під тиском тиск, що прикладається до розплаву в процесі твердіння, значно впливає на характер кристалізації. Збільшення швидкості охолодження приводить до відповідного зростання швидкості кристалізації, яка змінюється в результаті впливу тиску при кристалізації на число центрів і швидкість росту зародків. Швидкості охолодження зростають залежно від габаритів виливків, температурних умов лиття, методу пресування від 2-3 до 10 і більше разів [1]. Підвищення швидкості охолодження кольорових сплавів, заснованих на системах з обмеженою розчинністю, приводить до зміни структури і легування твердого розчину, пов'язаних з дендритною ліквідацією і утворенням квазіевтектики. В даний час в багатьох роботах достатньо детально розглянуті питання отримання якісних виливків при кристалізації під тиском, створюваним поршнем, пуансоном, або всебічним газовим тиском [1, 7, 10]. При всіх вказаних способах ефективність дії протягом часу твердіння виливка обернено пропорційна товщині затверділого шару металу, оскільки зовнішній тиск в тому або іншому вигляді прикладається до її поверхні. З технологічної точки зору цей процес має ряд відомих недоліків, що стосуються, зокрема, необхідності наявності спеціального устаткування, обмежень по масі, виду сплаву, конфігурації литих заготовок та ін.

Метою статті є аналіз способів сумісної дії на розплав тиску і обробки модифікуючим препаратом.

Основний матеріал

У теперешній час все більше застосування в якості модифікаторів ливарних сплавів одержують ультрадисперсні порошки хімічних сполук (нанопорошки), які виконують роль додаткових центрів кристалізації при первинній кристалізації.

У роботі [13] досліджували можливість застосування комплексного модифікатора системи Al-Sr-Ti-B у вигляді нанопорошків, одержаних з лігатури цієї системи методом електроерозійного диспергування у вуглецьвмісних середовищах (газ, трансформаторне масло). Механічні властивості сплаву, модифікованого комплексним модифікатором Al-Sr-Ti-B, на основі нанопорошку виявилися вищими, ніж у сплаву, модифікованого звичайним модифікатором Al-Sr-Ti-B. Зна-

чення межі міцності і відносного подовження сплаву, обробленого модифікатором на основі нанопорошку складо для зразків відлитих в кокіль 380-400 МПа і 6%, а для вирізаних з виливків 280-320 МПа і 7%. Показники зберігалися при тривалому вистоюванні розплаву (до 2 г).

Одним з ефективних способів дії на метал, що кристалізується, є, зокрема, газодинамічна дія [14, 15]. При здійсненні такого процесу до моменту початку подачі газу на поверхню робочої порожнини ливарної форми, повинен сформуватися шар твердого сплаву такої товщини, який може забезпечити герметичність системи аж до повного твердіння вилівка.

Також до методів дій на метал, що кристалізується, що знайшли практичне застосування, відносяться методи, що використовують введення в розплав пружних коливань.

Всі види вібраційної обробки твердіючих розплавів характеризуються наступними особливостями: наявністю макроконцентрацій об'ємів металу і його перемішуванням, виникненням пружних коливань в розплаві і переміщенням мікрооб'ємів розплаву, виникненням і розвитком кавітації. Механізм подрібнення первинного зерна при вібраційній обробці можна звести до наступних основних процесів [6, 7, 12]: гетерогенному і гомогенному зародженню центрів кристалізації, руйнуванню дендритів, активації тугоплавких домішок, що стають центрами кристалізації.

Наявність макроконцентрацій об'ємів металу сприяє розподілу центрів кристалізації. Основним механізмом подрібнення зерен є руйнування дендритів під дією вигинаючих напруг. При низьких частотах головною складовою є сила опору дендриту потоку в'язкої рідини, що коливається біля нього. При підвищенні частоти коливань (ультразвукові коливання) до цієї сили додається інерційна сила, обумовлена різницею щільності твердого дендриту і оточуючої його рідини. При ще більших частотах виникає так званий акустичний вітер - направлений рух рідини, обумовлений виникненням різниці тиску у напрямі випромінювання.

Низькочастотна вібрація, вживана на практиці, характеризується частотою до 200 Гц і амплітудами, що в основному не перевищують 2-3 мм. Наявність в металі, що кристалізується, хвиль стиснення і розтягування, може приводити до розвитку кавітації. Цим пояснюється інтенсивна дегазація металу і значне поліпшення макроструктури злитків киплячої сталі - збільшення товщини кірки і зміни зони розташування вторинних міхурів.

Ефективність перемішування макрооб'ємів незначна. Тому невелика і можливість впливу макропотоків на руйнування кристалів на фронті кристалізації. На ефективність застосування вібраційної обробки сплавів впливають місце і напрям вібраційного імпульсу, розміри, питома вага і міжфазні властивості неметалічних включень, плаваючих кристалів, твердих частинок тугоплавких оксидів, карбідів, інтерметалідів і інших монодисперсних частинок. Наприклад, під впливом однієї і тієї ж хвилі плаваючі кристали і центри кристалізації, що мають більшу питому вагу, чим середовище, завжди рухатимуться до межі твердіння, а неметалічні включення - в протилежному напрямі. Практикою підтверджується тільки вплив низькочастотної вібрації на подрібнення мікроструктури злитків і виливків. Поз-

итивного впливу на зниження зональної ліквациї і хімічної неоднорідності при режимах обробки, що застосовувалися, не спостерігається [1, 7].

До головних особливостей обробки розплавів ультразвуковими коливаннями можна віднести: виникнення і розвиток кавітації і акустичних потоків в об'ємі оброблюваного розплаву; порівняно невисоку енергію ультразвуку, що трансформується в могутні ударні хвилі поблизу бульбашок, що закриваються, які, впливаючи на рідку фазу і двофазну зону, викликають диспергування кристалів, зародження центрів кристалізації і активацію твердих частинок; створення направленого акустичного потоку [2, 4, 11]. До недоліків ультразвукової дії на розплав можна віднести: малу амплітуду коливань, яка менше величини контактних зазорів між виливкою і формою, що викликає необхідність введення ультразвукових коливань безпосередньо в розплав; розсіювання ультразвукових хвиль в невеликому об'ємі поблизу хвилеводу, що не дозволяє обробляти значні об'єми металу; важкі умови роботи занурених в розплав хвилеводів, обумовлюючих їх низьку стійкість, а також їх ерозію, що викликає небезпеку забруднення розплаву.

Через вказані причини ультразвукова обробка знайшла застосування при порівняно невеликих розмірах форми, при безперервному розливанні алюмінію і інших легкоплавких сплавів, а також при отриманні ряду сплавів з особливими властивостями в процесах вакуумно-дугової плавки, електрошлакової переплавки, зонної плавки [4]. Ультразвукову енергію при використанні в цих технологіях проводять через тверду підставу злитка.

Важливою особливістю методу дії на розплав джерелами концентрованої енергії є велика потужність енергії, що виділяється, в порівняно короткий проміжок часу. Це приводить до виникнення ударної хвилі. Електрогідроімпульсна обробка приводить до прискорення процесу кристалізації металу, зона транскристалізації зменшується в 2-4 рази. Розміри разорієнтованих дендритів зменшуються в 2-5 разів. Проте, амплітуда коливань вихідних ланок звичайно незначна, ефект обробки залежить від якості контакту робочого органу з оброблюваною поверхнею. Використання системи бічних розрядних пристроїв в системі стінка виливниці - затверділий шар - розплав пов'язано з високими втратами механічної енергії і звуженням спектру частот, що генеруються [2].

У лабораторії сучасних матеріалів Аріельського університетського центру були проведені дослідження впливу змінного газового тиску на структуроутворення металу виливків із сплаву А356. Результати лабораторних досліджень показали підвищення механічних властивостей литого металу і зниження шпаристості циліндричних виливків із сплаву А356 діаметром 50 мм та висотою 100 мм. У порядок технологічних операцій виготовлення виливки були включені наступні етапи: проведення рафінування (препарат DEGASAL T 200 і модифікування нанопорошком TiCN, введення в робочу порожнину форми пристрою для подачі газу оригінальної конструкції, витримка виливка з пристроєм протягом заданого проміжку часу, подача газу (аргону) з початковими показниками тиску 0,15 - 0,2 МПа, подальше нарощування тиску до 1,3 - 1,4 МПа і витримка під тиском до повного твердіння виливка. Приведені дані свідчать про те, що в результаті газодинамічної дії та модифікування вдалося подрібнити структурні складові, внаслідок чого

збільшилися на 20-25% пластичні властивості литого металу і на 8-12 % збільшилася його щільність.

Висновки

Вплив газодинамічної дії і модифікування на розплав дозволяє добитися стійкого ефекту подрібнення структурних складових, зниження газової шпаристості і підвищення механічних властивостей виливків.

Дані проведених досліджень показали, що при використанні сумісної дії на метал, що кристалізується, для отримання необхідних властивостей виливків можливо зниження кількості вживаного модифікуючого препарату, температури розплаву, часу його обробки.

Список літератури: 1. Затвердевание металлического расплава при внешних воздействиях [Текст]/ А.Н. Смирнов, В.Л. Пилюшенко, С.В. Момот, В.Н. Амитан. - Д.: Издательство «ВИК» - 2002. - 169 с. 2. Ефимов, В.А. Перспективы развития работ по применению внешних воздействий на жидкий и кристаллизующийся расплав [Текст] / В.А. Ефимов. - Киев: Изд. ИПЛ АН УССР. - 1983. - С. 3-65. 3. Немененок, Б.М. Теория и практика комплексного модифицирования силуминов [Текст] / Б.М. Немененок - Мн. Технопринт, 1999. – 272 с. 4. Скворцов, А.А. Влияние внешних воздействий на процесс формирования слитков и заготовок [Текст] / А.А. Скворцов, А.Д. Акименко, В.А. Ульянов– М.: Металлургия, 1995. – 272 с. 5. Ефимов, В.А. Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов [Текст] / В.А. Ефимов, А.С. Эльдарханов. – М.: Металлургия, 1995. – 272 с. 6. Эльдарханов, А.С. Процессы кристаллизации в поле упругих волн [Текст] / А.С. Эльдарханов. – М.: Металлургия, 1996. – 256 с. 7. Скребцов, А.М. О некоторых возможностях измельчения зерна металла отливки при внешнем воздействии на затвердевающий расплав [Текст] / А.М. Скребцов, Л.Д. Дан, А.О. Секачев и др. // Металл и литье Украины. 1996. - № 1-2. - С.30-34. 8. Борисов, Г.П. Давление в управлении литейными процессами [Текст] / Г.П. Борисов. – К.: Наукова думка, 1988.– 271 с. 9. Абрамов, О.Б. Кристаллизация металлов в ультразвуковом поле [Текст] / О.Б. Абрамов. – М.: Металлургия, 1972.- 256 с. 10. Пилюшенко, В.Л. Влияние виброимпульсного воздействия на условия затвердевания стали [Текст] / В.Л. Пилюшенко, А.Н. Смирнов. - В кн.: Черная металлургия. Наука – технология – производство. М.: Металлургия, 1989. – С. 162-171. 11. Ульянов, В.А. Кинетика формирования стальных слитков при пассивных и активных внешних воздействиях [Текст] / В.А. Ульянов, Е.М. Китаев, А.А. Скворцов. // Процессы литья. – 1993, №4. – С.38-43. 12. Скребцов, А.М. Формирование структуры и конуса осаждения слитка или отливки при внешнем воздействии на поверхность расплава [Текст] / Л.А. Дан, В.Б. Килочкин // Металл и литье Украины. - 1994. - №7-8. - С.5-9. 13. Возможность использования комплексного модификатора длительного действия на основе нанопорошков длительного действия для повышения качества отливок из алюминиевых сплавов [Текст]: Новые материалы и технологии в машиностроении-2005. Сб. трудов IV Международной научно-технической конференции. / Брянск: БГИТА - 2005. – С. 17 –23. 14. Селиверстов, В.Ю. Технология газодинамического воздействия на расплав в литейной форме – один из перспективных способов повышения качества металла отливок [Текст] / В.Ю. Селиверстов. // Сучасні проблеми металургії. Наукові праці. Днепропетровск: Системные технологии. - 2007. – Том 10. – С. 25 – 35. 15. Селиверстов, В.Ю. Перспективы применения комбинированных способов управления структурообразованием литого металла [Текст] / В.Ю. Селиверстов, Ю.В. Доценко / Вісник ДДМА. - 2009. - № 1 (15). – С.267-273.

Поступила в редколлегию 13.03.2010

УДК 621.745.002.645:533

В. Ю. СЕЛІВЬОРСТОВ, канд. техн. наук, доцент, НМетАУ, м. Дніпропетровськ

П. Д. КУШ, асп., НМетАУ, м. Дніпропетровськ

ДИВЕРСИФІКАЦІЯ РЕЖИМІВ ЗДІЙСНЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЗОДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ВИЛИВКІВ СПОСОБОМ ЛВМ

Приведені дані аналітичних досліджень та результати натурних випробувань технології газодинамічного впливу на розплав при литті по витоплюваним моделям. Показана можливість диверсифікації режимів використання означеного активного фізичного методу впливу та перспективність проведення подальших досліджень.

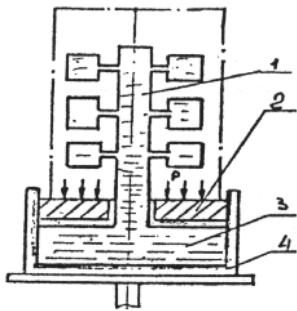
Ключові слова: режим, газодинамічний вплив, лиття по витоплюваним моделям, механічні та фізичні властивості.

Information of analytical researches and results of models tests of technology of gaz-dynamyc influence is resulted on fusion at casting on the smelted models. Possibility of diversification of the modes of the use of the indicated active physical method is rotined influences and perspective of leadthrough of subsequent researches.

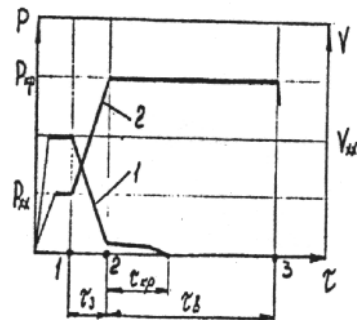
Keywords: mode, gaz-dynamyc influencing, casting on the melted models, mechanical and physical properties

Вступ. Підвищення якості виливків при одночасному зниженні матеріальних та енергетичних втрат на їхнє виробництво може бути досягнуто за рахунок розробки та впровадження спеціальних методів зовнішніх впливів на метал виливка, що твердіє, серед яких тиск займає особливе місце завдяки різноманітності форм прикладення та ефективності впливу на різних етапах формування литої заготовки. До цих методів можна віднести також технологію газодинамічного впливу на розплав в ливарній формі.

Аналіз попередніх публікацій. При литті по витоплюваним моделям виливків складної конфігурації, що мають тонку протяжну стінку виникають проблеми, пов'язані з утворенням недоливів, неспаїв та інших дефектів. Особливо при виготовленні таких виливків із алюмінієвих сплавів не знайшло значного розповсюдження, в тому числі з тих причин, що невеликий металостатичний напір ($< 0,01$ МПа) є недостатнім для заповнення протяжних тонких стінок та якісного живлення. Підвищення ж температури форм призводить до погіршення механічних властивостей, а підвищення температури металу – до утворення усадкових дефектів [1]. Для усунення (недопущення) зазначених дефектів окрім оптимізації конструкції ливниково-живильної системи та термочасових параметрів процесів заливання і охолодження виливків, можливе застосування технологічних процесів, що використовують тиск в якості активного чинника впливу на процеси формування якісного виливка. Зокрема, відомий спосіб лиття по витоплюваним моделям з кристалізацією під тиском – ЛВМКТ (рис.1, 2), розроблений спеціалістами Новосибірського авіаційного виробничого об'єднання [1 - 3].



1-оболонкова форма, 2-пуансон, 3-розплав, 4-металоприймач
Рисунок 1 –Схема установки для реалізації процесу ЛВМКТ



1-характер зміни швидкості руху поршня, 2-тиск робочої рідини
Рисунок 2 – Зміна швидкості руху поршня і тиску робочої рідини в циліндрі

Під дією тиску розплав надходить до робочої порожнини оболонкової форми. Після закінчення заповнення тиск зростає до заданого значення $P_{кр}$, а потім залишається незмінним до кінця витримки вилівка під тиском до повного затвердіння, після чого поршень автоматично переміщується вниз. Тривалість заливки τ_3 та витримки $\tau_с$ розплаву під тиском задаються індивідуально для кожного вилівка (блока); $\tau_{кр}$ - фактична тривалість кристалізації вилівка. Тиск p пуансона на розплав визначали розрахунком згідно геометричних параметрів поршня і пуансона, а також експериментально. Максимально допустимий тиск на розплав знаходили експериментально за результатами гідровипробувань оболонкової форми. За даними [1] оболонкова форма з сухим наповнювачем витримує внутрішній тиск рідини 0,5 – 0,6 МПа. Ті ж автори [4] при дослідженні гідравлічної міцності оболонкових форм прийшли до висновку, що існуючі методи контролю, що застосовують при ЛВМ для оцінки конструкційної міцності оболонкових форм [5] не дають повного уявлення про їх стійкість до руйнування під силовим впливом рідкого металу. Тому був розроблений оригінальний метод випробувань гідравлічної міцності оболонкових форм при різних способах їх виготовлення та формовки. Встановлено, що гідро міцність оболонкових форм, виготовлених за серійною технологією, коливається в межах 0,1 - 0,25 МПа. Руйнування технологічних проб при тиску повітря в контейнері 0,47 МПа відбувається при тиску глицерину 0,55 – 0,61 МПа, при цьому перепад тиску, який витримує оболонкова форма складає 0,08 – 0,14 МПа [4].

Наведені дані свідчать про перспективність використання підвищеного тиску під час кристалізації для забезпечення високих і стабільних властивостей металу при виготовленні заготовок, що виготовляються, зокрема, у формах ЛВМ. Використання технології ЛВМКТ дозволяє значно підвищувати механічні властивості алюмінієвих сплавів і сталі [1-3], але є суттєво обмеженим з точки зору діапазону тиску, що використовується. Окрім того, реалізація цього способу потребує наявності специфічного обладнання, що обумовлює певні складнощі при вбудовуванні в діючий технологічний процес.

Відмітною особливістю технології газодинамічного впливу на розплав, що твердіє в ливарній формі є можливість передачі газового тиску безпосередньо рідкій фазі до моменту повного затвердіння вилівка після герметизації системи ви-

ливок - пристрій для введення газу за рахунок формування шару затверділого металу відповідної товщини на поверхні виливка [6, 7]. Актуальним завданням представляється встановлення можливості та умов диверсифікації режимів технологічного процесу газодинамічного впливу та визначення ефективності зазначеної технології при литті по витоплюваним моделям.

Метою роботи є визначення можливості застосування газодинамічного впливу на розплав при литті по витоплюваним моделям без суттєвої зміни конструкції блоків, а також дослідження фізико-механічних властивостей металу циліндричних заготовок із сталі Р18 у порівнянні з аналогічними характеристиками литого металу, отриманого за традиційною технологією.

Результати досліджень. При здійсненні технології газодинамічного впливу, динаміка зміни тиску в системі виливок-пристрій для введення газу визначається динамікою зміни міцнісних властивостей шару затверділого металу, що збільшується від поверхні виливка. За можливий максимальний рівень тиску газу (МПа) в певний момент часу може бути прийнято значення, близьке значенню тимчасового опору (σ_B) затверділого шару з відповідною температурою і з урахуванням розтягуючих напруг, що виникають в твердій скоринці, які залежать від конфігурації і розмірів виливка. При цьому напруги в скоринці, що росте, протягом всього процесу твердіння підтримуються практично на рівні найбільшого навантаження, передуючого руйнуванню. Даний варіант реалізації технології застосовний в умовах металевої форми і дозволяє добитися максимального результату з погляду якості литого металу (перш за все механічних властивостей), але призводить до деформації та руйнування виливка. За умови стабільності геометричних розмірів виливка, що твердіє в формі ЛВМ, як параметр, необхідний для розрахунку динаміки наростання тиску в системі виливок-пристрій для введення газу, представляється доцільним використання опору деформації матеріалу виливка (σ) у діапазоні робочих температур. Проте, при затвердінні металу в формі ЛВМ традиційної конструкції, особливо з колективною схемою живлення (центральний стояк-живильник-виливок) дуже часто не виконується умова практично одночасного утворення рівномірної герметизуючої скоринки на усій поверхні блока виливків. В результаті, на момент часу, що відповідає формуванню поверхневої скоринки в найбільш масивній частині блока (стояку) і подачі газу, виливки опиняються затверділими. В даному випадку реалізація «класичної» технології газодинамічного впливу не ефективна. Але можливе здійснення процесу за режимом, що передбачає використання міцнісних властивостей оболонкової форми, а не зростаючої поверхневої скоринки. Необхідною умовою при цьому є встановлення максимально можливого рівня газового тиску в системі блок-пристрій для введення газу.

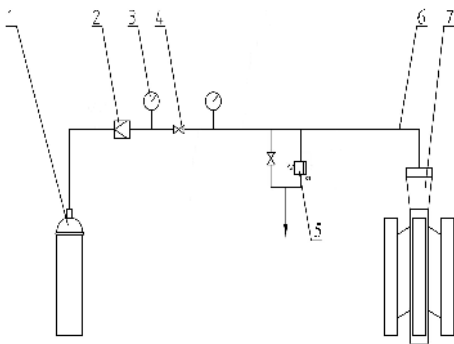
В умовах ливарного цеху ВАТ «Дніпропетровський агрегатний завод» була випробувана технологія лиття і установка для здійснення газодинамічного впливу на розплав в керамічній формі ЛВМ при відливанні циліндричних заготовок із сталі Р18Л для виготовлення ріжучого інструменту. Отриманий хімічний склад сталі приведений в табл. 1. Діаметр виливка - 25 мм, висота - 200 мм. В конструкції експериментального модельного блока була змінена товщина щільового жи-

вильника з 6 мм до 18 мм з метою забезпечення більш тривалого затвердіння металу в живильнику.

Таблиця 1 – Хімічний склад сталі

У по-
рядок тех-
нологіч-

них операцій виготовлення виливків за технологією ЛВМ були включені наступні: після заливки керамічної форми здійснювали введення пристрою подачі газу в розплав у верхню частину стояка; здійснювали витримку для герметизації системи виливок - пристрій подачі газу і подачу газу (аргону) під наростаючим тиском 0,1 – 0,3 МПа з використанням розробленої установки (рис. 3) [8].



1 - балон з аргонем, 2 – редуктор, 3 – манометр, 4 – вентиль, 5- перепускний клапан, 6 – трубопровід, 7 – ливарна форма.

Рисунок 3 – Схема пристрою для здійснення газодинамічного впливу на розплави у формі ЛВМ

Дослідження властивостей литого металу проводили в порівнянні з металом тієї ж марки, який одержаний за традиційною технологією за методикою, аналогічною у роботі [8].

Для дослідження механічних властивостей металу із виливків вирізали циліндричні зразки (рис. 2): одержані із застосуванням газодинамічного впливу - №№ 1, 2, 3; одержані за традиційною технологією - №№ 4, 5, 6. Пропорційно циліндричні зразки для механічних випробувань виготовляли по типу III (ГОСТ 1497-84) [8].

Твердість після загартування і відпуску визначали по ГОСТ 9013-59 на зразках, відібраних для механічних випробувань. Загартування проводили в соляній високотемпературній ванні при температурі $1260 \pm 3^\circ\text{C}$ 1,5 хв. з попереднім підгрівом при $850 \pm 3^\circ\text{C}$ 5-6 хв. в низькотемпературній соляній ванні. Охолодження зразків після загартування проводили в мастилі. Відпуск зразків проводили при температурі 560°C з витримкою впродовж однієї години і охолодженням на повітрі.

Щільність сталі досліджували методом гідростатичного зважування зразків в чотирихлористому вуглеці і на повітрі [9-11]. Зважування зразків проводили на аналітичних вагах моделі WA-21. Розрахунок проводили по формулі (1):

$$\rho = \frac{P}{P-Q}(\delta - \lambda) + \lambda \quad (1)$$

- де P - маса зразка в повітрі, г;
- Q - маса зразка в CCl_4 , г;
- δ - щільність CCl_4 - $1,59590 \text{ г/м}^3$;
- λ - щільність повітря - $0,00122 \text{ г/м}^3$

Особливістю виконаного розрахунку є врахування впливу температури навколишнього середовища на значення щільності повітря і CCl_4 . Температура по-

вітря при вимірюванні складала 18,5 °С.

У таблиці 1 приведені результати випробувань з визначення механічних властивостей а також щільності литого металу, одержаного із застосуванням газодинамічного впливу в процесі твердіння у формі ЛВМ, а також металу, одержаного за традиційною технологією після термічної обробки.

Таблиця 1 – Фізико - механічні властивості сталі

№ зразка	σ_{ϵ} , кг/мм ²	HRC	δ , %	ρ , кг/м ³
1	162,2	59	3,25	8880
2	161,8	57	3,15	8879
3	162,1	57	3,13	8877
4	136,7	52	2,47	8751
5	135,5	51	2,49	8747
6	135,3	51	2,47	8748

Висновки

1. В ході проведеної роботи встановлена можливість диверсифікації режимів здійснення технології газодинамічного впливу на розплав в ливарній формі при литті по витоплюваним моделям.

2. Встановлена можливість здійснення процесу за режимом, що передбачає використання міцніших властивостей оболонкової форми, а не зростаючої поверхневої скоринки. Необхідною умовою при цьому є визначення максимально можливого рівня газового тиску в системі блок-пристрій для введення газу.

3. В результаті досліджень властивостей литого металу, що отриманий за експериментальною технологією, в порівнянні з металом, який одержаний за традиційною технологією, встановлений позитивний вплив застосування газодинамічної дії на механічні властивості сталі Р18Л: тимчасовий опір збільшується на 15-16 %, твердість металу збільшується на 9 - 13 %, відносне подовження - на 25-35 %, а щільність на 1 – 1,5 %.

Список літератури: 1. Чернов, Н.М. Литье алюминиевых заготовок по выплавляемым моделям с кристаллизацией под давлением [Текст] / Н.М. Чернов, А.И. Игнатов, В.Н. Гречко // Литейное производство. – 1995. № 2. – С. 12 - 13. 2. Чернов, Н.М. Формирование стальных отливок по выплавляемым моделям с кристаллизацией под давлением [Текст] / Н.М. Чернов, М.Д. Пархоменко, В.Н. Гречко, Ю.А. Караник // Литейное производство. – 1993.- № 4. – С. 22 - 24. 3. Медведев, К.А. Литье по выплавляемым моделям с кристаллизацией под давлением коррозионно-стойких сталей [Текст] / К.А. Медведев, Н.М. Чернов // Литейное производство. – 2006. № 1. – С. 20 - 23. 4. Чернов, Н.М. Исследование гидравлической прочности оболочковых форм [Текст] / Н.М. Чернов, Н.М. Гречко // Литейное производство. – 1995. № 6. – С. 24 - 25. 5. Иванов, В.Н. Контроль при литье по выплавляемым моделям [Текст] / В.Н. Иванов // Литейное производство. – 1993. № 12. – С. 17 - 19. 6. Декларацийний патент, Україна МПК (2006) В22D 18/00 Пристрій для отримання виливків / Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.Є., Доценко Ю.В. № 28859 заявл. 03.08.2007, опубл. 25.12.2007 Бюл. № 21. 7. Декларацийний патент, Україна МПК (2006) В22D 18/00 Спосіб отримання виливків/ Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.Є., Доценко Ю.В. № 28858 заявл. 03.08.2007, опубл. 25.12.2007 Бюл. № 21. 8. Селівьорстов, В.Ю., Використання технології газодинамічного впливу на розплав при литті по витоплюваним моделям [Текст] / В.Ю. Селівьорстов, П.Д. Куш // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. –

Харків: НТУ «ХП» - 2010. - № 4 – С. 89 – 94. 9. Бетунер Л.М. Математические методы в химической технике / Л. Бетунер, М. Позин. – Л.: Химия, 1968. – 136 с. 10. Высококачественные чугуны для отливок / [Шумихин В.С., Кутузов В.П., Храмченко А. И. и др.]; – М.: Машиностроение, 1982. – 222 с. 11. Отливки из чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом / [Захарченко Э.В., Левченко Ю.Н., Горенко В.Г. и др.] – К.: Наук. думка, 1986. – 248 с.

Поступила в редколлегию 13.03.2010

УДК 621.979.1

Ю.А. ПЛЕСНЕЦОВ, канд. техн. наук, НТУ “ХПИ”
А.С. ЗАБАРА, студент, НТУ “ХПИ”

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ ЗАМКНУТОГО СЕЧЕНИЯ

Розроблена технологічна схема профілювання гнутих профілів $D=20$ мм і $s=1,0$ мм замкнутого перетину для силового каркасу меблів. Методами планування експерименту отримані математичні моделі процесу, що описують радіальну деформацію металу в місці згинання на 360° і кут розпружинення сформованої труби.

The flowsheet of profiling of the bent types of the closed section for power framework of furniture of $D=20$ mm of $s=1,0$ mm. The methods of planning of experiment are get the mathematical models of process describing radial deformation of metal in the place of bend on 360° and corner of springing of the formed pipe.

В последние годы все более четко прослеживается тенденция в изготовлении стальной мебели, для ее силового каркаса мебели. Они находят применение для различных конструкций: стол (компьютерный, офисный, банкетный, массажный и др.); стул (офисный, барный и др.); кресло; мягкая мебель и др.

Область применения гнутых профилей замкнутого сечения (ГПЗС) постоянно расширяется, спрос в Украине растет.

До настоящего времени ГПЗС небольших диаметров поставлялись в Украину исключительно из-за рубежа [1], в связи с чем, создание импортозамещающих технологий в Украине является важной и актуальной задачей.

Одним из основных вопросов, решаемых при разработке технологии производства гнутых профилей, является выбор режима профилирования [2].

Назначать оптимальный режим формовки следует с учетом параметров напряженно-деформированного состояния и механических свойств металла, размеров заготовки и профиля, системы калибровки валков и технологического процесса профилирования (непрерывного или поштучного).

Исследования формоизменения мест изгиба металла и разработка практических рекомендаций по технологии изготовления ГПЗС, обеспечит создание научных и технологических основ для организации их производства в Украине.

Цель работы – разработка практических рекомендаций для совершенствования технологии валковой формовки ГПЗС.

В соответствии с указанной целью в работе поставлены и решены следующие **задачи**:

- выполнены экспериментальные исследования деформированного состояния металла;

- разработаны практические рекомендации по созданию новых технологических процессов валковой формовки ГПЗС;

Методы исследования. Для экспериментальных исследований использовался геометрический метод анализа деформированного состояния.

При выполнении экспериментальных исследований использован геометрический метод (замеры утонения в очаге деформации). Отбор образцов от исходных материалов для проведения эксперимента осуществляли в соответствии с ГОСТ 7564. Моделирование изгиба в валках осуществляли по ГОСТ 14019. Образцы испытывались с помощью специального изгибающего устройства (рис. 1).

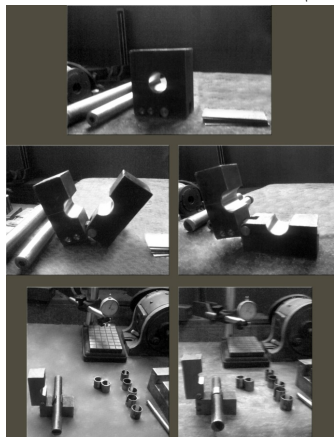


Рис. 1 – Изгибающее устройство

Измерения деформаций по толщине исходных и деформированных образцов осуществлялись на ПК по сканированным изображениям с использованием программы кафедры ОМД "Farseeer". Толщину металла измеряли по дуге места изгиба на 360° . Для обработки результатов экспериментальных исследований использовались методы математической статистики.

По результатам экспериментальных исследований с использованием методов планирования эксперимента [3], получены расчетно-экспериментальные модели процесса вида:

$$e_3 = 0,15 - 0,01 \frac{r}{s} - 0,05s \quad (1)$$

где e_3 – максимальная радиальная деформация;

r – радиус ГПЗС изогнутых на 360° ;

s – толщина ГПЗС.

$$\alpha = 10,4 - 0,34r - 0,9s + 1,6 \frac{r}{s} \quad (2)$$

где α – угол распружинения сформированной трубы;

Зная величину деформации профиля можно судить об уровне качества и потребительских свойствах ГПЗП. Зависимость (1) показывает что для данного профиля максимальные деформации не превышают критических (допустимых для данной марки стали). Т.е. для стали Ст.3 относительное удлинение $\delta_s = 20\%$, а наибольшая деформация составляет $\delta_s = 15\%$.

В процессе деформации трубной заготовки поперечные волокна, в зависимости от их положения относительно нейтральной линии, либо растягиваются, либо сжимаются. Профилирование ГПЗС сопровождается упругой деформацией. Упругая деформация проявляется в пружинении заготовки, ее распрямлении после изгиба и снятия нагрузки.

Поскольку расчетным способом учесть пружинение очень сложно, неточность при формовке ГПЗС вызванная пружинением, корректируется изгибом заготовки на угол, превышающий 360° . Пружинение обычно выражается в угловом измерении и является той величиной, на которую следует увеличить угол изгиба, чтобы получить необходимый угол согнутой полосы.

С учетом изложенного, угол пружинения сформированной заготовки на 360° , ГПЗС для силового каркаса мебели $D=20$ мм и $s=1,0$ мм, определенный аналитическим методом по зависимости (1), составит $\alpha = 20^\circ$.

Установлено, что для изготовления ГПЗС в настоящее время в основном применяют четыре типа калибровок [4], различающихся профилем открытых калибров. Окончательная формовка трубной заготовки осуществляется в закрытых калибрах. Иногда эти калибровки применяют в различных комбинациях или с некоторыми изменениями. Для формоизменения тонколистового металла приняты калибровки II и III типа.

По выбранной схеме калибровок II и III типа изготовление ГПЗС предусматривается в 7 рабочих клетях:

- с 1 по 5 калибры рабочей клетки – открытого типа;
- с 6 по 7 калибры рабочей клетки – закрытого типа.

Трубная заготовка после выхода из 7 клетки поступает в сварочный узел, где ее кромки свариваются.

Таким образом, в работе проанализированы существующие технологии производства ГПЗС. Установлен оптимальный способ их производства. Выполнена статистическая обработка экспериментальных данных. Методами планирования эксперимента впервые получены расчетно-экспериментальные модели процесса, которые описывают радиальную деформацию металла в месте изгиба на 360° и угол пружинения сформированной трубы. Разработана технологическая схема профилирования гнутых профилей замкнутого сечения для силового каркасу мебели $D=20$ мм и $s=1,0$ мм. Разработаны практические рекомендации для разработки технологических процессов профилирования ГПЗС для силового каркасу мебели.

Список літератури: 1. <http://www.steelmill.ru>. 2. Производство гнутых профилей. / под ред. И. С. Тришевского и др. – М.: Металлургия, 1982. – 384 с. 3 Румшинский Д.З. Математическая обработка результатов экспериментов. – М.: Наука, 1971. – 192 с. 4 Производство прямошовных труб на непрерывных трубоэлектросварочных станах Головкин Р. В., Кричевский Е.М. Изд-во "Металлургия", 1969, с. 284.

Поступила в редколлегию 10.04.2010

В.Ф. РАЙКО, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ», г. Харьков

П.В. ШАПОРЕВ, асп., г. Харьков

А.Ю. МАСИКЕВИЧ, канд. техн. наук, ассист., НТУ «ХПИ», г. Харьков

ПЕРЕРАБОТКА ОТВАЛОВ ГАШЕНИЯ ИЗВЕСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ГИДРОКСИДА КАЛЬ- ЦИЯ НА АНТИСЕПТИК – ПРЕПАРАТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОРНЕ- ПЛОДОВ ПЕРЕД ЗАКЛАДКОЙ НА ХРАНЕНИЕ

У статті викладені методика й результати експериментального дослідження з переробки відходів гашіння вапна у виробництві високодисперсного гідроксиду кальцію з метою одержання антисептика для обробки коренеплодів перед закладкою. Наведено принципову технологічну схему установки для наробітки антисептика. Запропоновано нову технологію по зберіганню коренеплодів. Як показали дослідження, препарат нешкідливий для людини й навколишнього середовища й дозволяє не тільки зберегти продукцію, але й продовжити строк її зберігання на 60-80 днів зі збереженням якості продукції.

The article contains information on methods and results of the experimental research of the waste utilization of the slaked lime when producing fine-grained calcium hydroxide to obtain an antiseptic for cultivating root crops before their planting. A technological diagram of the apparatus for antiseptic production is presented. A new method of keeping the root crops is proposed. The analysis made shows that the product is safe for humans and environment and allows not only to keep the products but to prolong their shelf life up to 60-80 days with keeping the product quality.

Нами в работах [1-2] рассмотрена система технико-технологического управления экологической безопасностью на территории предприятия – производителя гидроксида кальция, в которой одним из элементов управления рассматриваются условия исключения влияния источников опасности на окружающую среду путем их ликвидации. Это, в первую очередь, относится к переработке отвалов гашения извести на препараты многофункционального значения, которые используются в качестве антисептиков при хранении корнеплодов, известковых материалов для бытового потребления, мелиоранта для дискриминации радионуклидов в почвах, компонентов шпатлевок [3-6]. Основные требования к качеству указанных препаратов заключаются в следующем: отсутствие свободной извести ($Ca + MgO$) в составе препарата, т.е. присутствие этих соединений только в виде гидроксидов или карбонатов; отсутствие тяжелых металлов Pb , As и фтора (менее 0,001%); дисперсность менее 2000нм (<20мкм), влажность менее 5%; угол ответственного откоса $\leq 30^\circ$; для некоторых композиций допускается содержание хлоридов щелочных ($NaCl$) и/или щелочноземельных металлов ($CaCl_2$) не более 6%.

Средний химический состав отвалов гашения извести на территории производителя гидроксида кальция согласно [1,2] можно представить следующим образом (массовая доля компонентов в пересчете на сухое вещество, %):

$CaO_{общ}$ – 60 – 77,5, $CaO_{акт}$ – 31 – 55, MgO – 1,5 – 1,1, R_2O_3 – 1,8 – 2, CO_2 – 16 – 23, $SiO_2 + H_pHCl$ – 1,3 – 2, SO_4 – 0,2 – 0,6, $H_2O_{своб}$ – 16 – 20, F, Pb, As – отсутствуют (не обнаружены).

В данной работе приведены экспериментальные данные по методам переработки отвалов и применения переработанных отходов в качестве антисептика при хранении корнеплодов (картофеля, моркови).

Методика проведения экспериментальных исследований

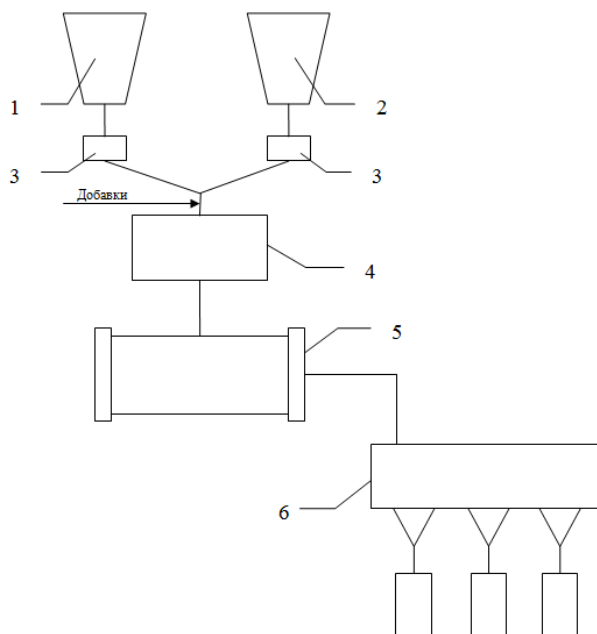


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема установки для наработки антисептика.

1 – расходный бункер извести; 2 – расходный бункер отходов; 3 – дозаторы; 4 – реактор-смеситель; 5 – мельница-активатор; 6 – упаковка.

В качестве основы использованы отвалы гашения извести с вышеотмеченным химическим составом. Фракционный состав отвалов был следующий: 10-20 мм – 20%, 2-10 мм – 65%, менее < 2мм – 15%. Переработка отходов осуществлялась на опытной установке, принципиальная схема которой приведена на рис. 1.

Согласно технологической схеме (рис.1) в расходный бункер 2 подаются отвалы гашения извести, а в бункер 1 – известковая пыль, которая улавливается после шахтных печей и гидрататоров при очистке газовых выбросов. Из бункеров 1, 2 посредством секторных дозаторов 3 в определенном соотношении компоненты дозируются в реактор-смеситель 4, туда же могут дозироваться добавки $NaCl$ и $CaCl_2$. В реакторе смесителе 4 происходит смешение компонентов и уменьшение влажности смеси до <5% за счет поглощения H_2O известковой пылью. После реактора-смесителя смесь поступает в мельницу-активатор 5, где происходит измельчение и активация реакционной смеси с получением развитой удельной поверхности частиц. Из активатора 5 полученный продукт подается в отделение упаковки, где смесь упаковывается в крафтмешки или клапанные контейнера.

В качестве мельницы-активатора были исследованы следующие аппараты: шаровая барабанная мельница с хордовым активатором, планетарная мельница с

рабочими телами в виде шаров и кубов и вакуумным отсосом продукта, молотковая мельница. Процесс измельчения и активации длился в течении 2,5 часов при цельном расходе энергии 30 кВт час на 1т продукта. Качество продукта после помола оценивалось по величине частиц (мкм), удельной поверхности ($\text{м}^2/\text{г}$), скорости нейтрализации H_2SO_4 (г/с), время осаждения водной суспензии (концентрация $200 \text{ г}/\text{дм}^3$) до $\frac{1}{2}$ объема (мин), угла естественного откоса продукта (в градусах). Также определялся химсостав продукта. Методики определения качественных показателей соответствовали общепринятым методикам в содовой промышленности [7].

Расход антисептика при обработке корнеплодов подбирался эмпирически таким образом, чтобы каждый плод был покрыт налетом (тонким слоем) антисептика. Исходя из этого, средний расход антисептика составлял 20-25 кг на 1т корнеплодов. В качестве контрольных образцов были заложены корнеплоды без обработки антисептиком. Закладка осуществлялась в контейнеры, средняя масса корнеплодов в контейнере, в зависимости от их вида, составляла 300-500 кг.

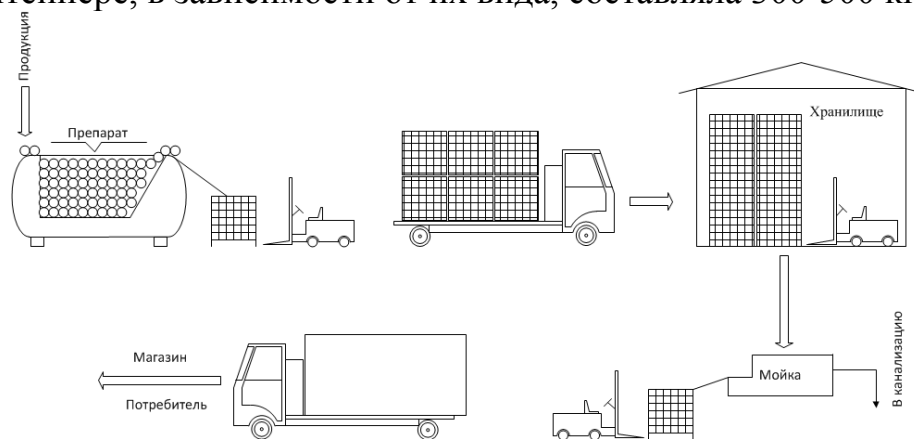


Рис. 2. Технологическая схема обработки корнеплодов антисептиком и закладка их на хранение

Длительность хранения была выбрана 180 дней с 30 ноября по 30 апреля с периодическим контролем через 30 дней. Хранение проводилось в стандартном хранилище при температурах $0 \div +3^\circ\text{C}$. Периодический контроль проводился следующим образом: из образцов испытываемых и контрольных отбирались равные части, которые визуально осматривались и поврежденные экземпляры (признаки гниения, зеленения, размягчения) откладывались в брак. Затем определялась масса поврежденных плодов и определялся процент повреждения. Здоровые корнеплоды подвергались санитарно-гигиеническим исследованиям СЭС г. Харькова по унифицированным методикам (определялись количество сахара, крахмала, каротина, проникновение компонентов антисептика внутрь образца и т.п.).

В процессе хранения по высоте слоя корнеплодов в контейнере, а также поперек слоя и у стенок контейнера устанавливались хромель-алюмелевые термопары с градуировочной шкалой $0 - 100^\circ\text{C}$ и контрольные ртутные термометры со шкалой $0 - 100^\circ\text{C}$. Интенсивность дыхания оценивалась по выделению CO_2 (мг/час). Для этого в центре контейнера и на четверть высоты контейнера от центра помещали зонды, через которые отсасывали воздух и пропускали его через си-

стему герметичных склянок, заполненных раствором $NaOH$. Кроме того определялась величина pH в отборочных образцах для диализа.

При определении величины pH положено в основу представление о влиянии окислительного потенциала на направленность биохимических реакций. Мерой окислительно-восстановительной способности растворов считают величину Eh , разность потенциалов, возникающих в платиновом электроде, полностью погруженном в испытываемый раствор, и на нормальном водородном электроде. Раствор с большим Eh окисляет раствор с меньшим Eh . Измерение основано на том, что электроны переходят с восстановителя на окислитель. Окисляющее вещество (восстановитель) теряет электроны, т.е. получает положительный заряд от окислительного Eh – живых тканей служит мерой направленности химизма дыхания и нарастание величины Eh свидетельствует о нарастании аэробных процессов и интенсивности дыхания. Для водных растворов величину Eh можно условно пересчитать на величину концентрации (давления) молекул водорода. Поэтому предпочитают давать величину не Eh , а величину логарифма, концентрации молекул (H_2) с обратным знаком. Эту величину выражают символом rH , аналогично величине активной кислотности – pH , с той разницей, что rH выражает концентрацию молекул (H_2) в атмосферах, а не ионов H в граммах $\left(rH = \frac{Eh}{0,029} + 2 \cdot pH \right)$. Внося антисептик можно изменять окислительный потенциал питательной среды. Методики определения температуры, опотевания, интенсивности дыхания и rH разработаны УНИИОБ, измерения проведены также сотрудниками этого института.

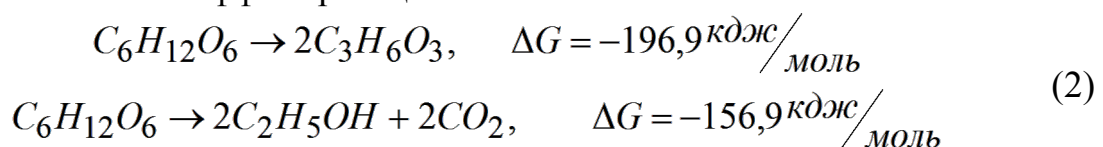
Как уже отмечалось, хранение корнеплодов в контейнерах осуществляется в плотном слое при прохождении (продувании) охлаждающего воздуха через слой контейнера и вдоль него (рис.2). В этих условиях потеря массы продукта, распределение температур в слое продукта обусловлены сопряженными процессами теплообмена, переноса влаги и выделения газов при протекании анаэробного процесса. Мощность тепловыделения и соответственно газовыделения (дыхания) зависят от температуры твердого компонента слоя T_T по экспоненциальному закону. Исходя из этого, T_T определялась по уравнению:

$$T_T = T_0 + T_a x \quad (1)$$

где T_0 – начальная температура слоя твердого материала, K ; T_a – адиабатическая температура; x – степень деструкции органики на простые комплексы.

$$T_a = \frac{(+\Delta H) \cdot (C_0 - C)}{C_{p1T} \cdot p_T \cdot g},$$

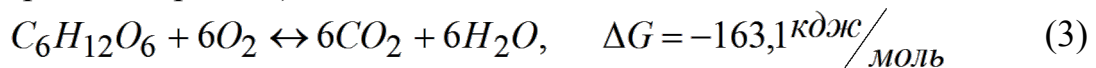
Где $+\Delta H$ – тепловой эффект реакций:



C, C_0 – концентрация разлагающихся веществ текущая и исходная;

C_{p1T} – теплоемкость корнеплодов; ρT – плотность.

Кроме того, при продувании, вентиляции слоя интенсивно может протекать реакция (аэробный процесс):



Таким образом, при протекании реакций 2 и 3 выделяется значительное количество тепла. По данным [8] эффективность использования энергии т.е. энергии, которая аккумулируется в макроэргических связях АТФ) при гликолизе и гликогенолизе составляет 35-40%. Остальные 60-65% энергии рассеивается в виде тепла и идет на повышение температуры слоя T_T .

Исходя из вышеизложенного, константа скорости выделения газообразных продуктов (т.е. интенсивность дыхания) будет определяться выражением:

$$k = k_0 \exp\left(\frac{-E/R}{T_0 + T_{ax}}\right) \quad (4)$$

Согласно [8] в этом уравнении энергия активации процессов (1), (2) может быть заменена на тепловой эффект ΔH .

При анализе процессов дыхания экспериментальные замеры сравнивались с расчетами по уравнениям (1 – 4).

Результаты экспериментальных исследований. В таблице 1 приведены результаты оценки качества продукта, получаемого в результате помола и активации в различных агрегатах.

Из данных, приведенных в таблице 1, следует, что только в двух агрегатах (мельница шаровая с хордовыми насадками и планетарная мельница) можно достичь требования к препарату по удельной поверхности, величине частиц и активности.

Из данных, приведенных в таблице 1, следует, что только в двух агрегатах (мельница шаровая с хордовыми насадками и планетарная мельница) можно достичь требований к препарату по удельной поверхности, величине частиц и активности. При этом присутствие в составе смеси $CaCl_2$ и $NaCl$ в соотношении 1/1 способствует повышению удельной поверхности и активности (скорость нейтрализации в H_2SO_4) препарата. Наилучшие показатели по величине удельной поверхности и активности достигнуты в планетарной мельнице с отсосом дисперсного продукта и последующим улавливанием в групповых циклонах и рукавном фильтре. Наихудшие показатели получены в молотковых мельницах. В общем, учитывая теоретические и практические основы по процессам измельчения в исследуемых агрегатах, такие результаты закономерны [9]. Основным результатом, по-видимому, есть то, что в ряде типовых помольных агрегатов можно достичь требуемую дисперсность препарата и его высокую активность, а также достаточно небольшой угол естественного откоса, что косвенно свидетельствует о достаточно высокой текучести препарата. Для обработки корнеплодов перед закладкой на хранение использовались препараты, отвечающие по дисперсности и активности требованиям, приведенным выше.

Таблица 1. Качественный состав продукта (антисептика)

Тип агрегата	Массовая доля основных компонентов, %									Дисперсность, мкм	Удельная поверхность, м ² /г	Скорость нейтрализации H_2SO_4 г/с	Время осаждения водной суспензии по 1/2 объема, мин	Угол естественного откоса, град
	$CaO_{\text{св}}$	$CaO_{\text{акт}}$	CO_2	$Ca(OH)_2$	Na_2CO_3	$CaCl_2 + NaCl$	свободная H_2O	F ⁻	$P_2O_5 + A_2O_3$					
Мельница шаровая с хордовыми активаторами	90,5	55,0	27,5	0,5	0,8	-	5	0,0	0,0	25,0	8,0	615	120	35
	78,0	66,4	13,0	2,0	3,0	3,5	3,8	0,0	0,0	20,0	7,0	800	220	35
Планетарная мельница с вакуум отсосом	98,5	90,5	6,0	0,5	0,28	-	2,9	0,0	0,0	15,0	12,0	899	245	30,0
	98,5	85,5	6,0	0,4	0,3	4,0	3,0	0,0	0,0	20,0	15,0	820	280	30,0
Молотковая мельница	78,8	66,4	13,0	2,0	3,0	-	6,0	0,0	0,0	40,0	3,5	533	90,0	35,0

На рис. 3,4 приведены средние результаты по изменению температуры слоя корнеплодов в процессе их хранения в течение 180 дней. На рис.3 показан характер изменения температуры в геометрическом центре слоя (центре контейнера). Из приведенных данных на рис.3 следует, что контрольные образцы картофеля и моркови дышат значительно более интенсивно, т.е. в контрольных образцах достаточно интенсивно протекают реакции (2,3).

Через 100 дней наблюдается некоторая стабилизация процесса на период 30-40 дней, а затем резкий подъем температуры до 30 – 40°C. Ближе к стенкам контейнера (рис. 4) у контрольных образцов температура долгий период 90 дней поддерживается на уровне температуры окружающей среды (воздуха), а затем постоянно возрастает до 4 – 6°C.

Оценка возможной максимальной температуры в центре слоя по (1) показала, что при протекании реакций (2,3) с учетом рассеивания энергии на 60% ожидаемая температура должна быть ~ 60°C. Более низкие показатели температуры в контрольных образцах, по-видимому, есть следствием вентиляции слоя и незавершенностью анаэробных процессов. На тех же рис. 3,4 приведены данные по изменению температуры слоя в контейнерах для корнеплодов, обработанных антисептиком. Как видно из приведенных данных, в этом случае температура в центре слоя поддерживается весь период на одном уровне 4 – 6°C. Это свидетельствует о равномерном дыхании и замедленном протекании реакций (2,3).

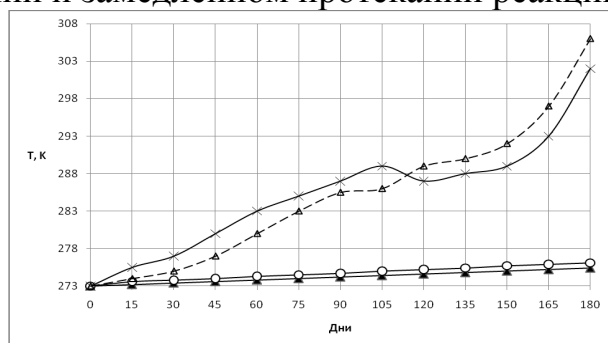


Рис. 3. Изменение температуры в центре контейнера (слоя) в процессе хранения. Высота слоя $H_{сл} = 1,5$ м, температура воздуха на высоте 1 м от пола + 2 ÷ +4°C; ×, Δ – тем-

пература в контрольных образцах картофеля, моркови соответственно; ○, ▲ – температура в обработанных антисептиком картофеле, моркови соответственно.

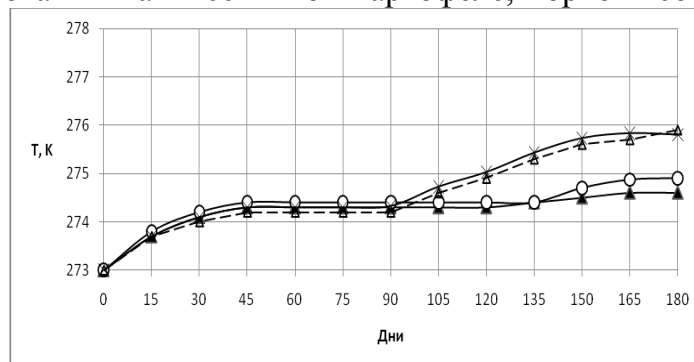


Рис. 4. Изменение температуры в слое контейнера при хранении на расстоянии 40 см от дна контейнера. Обозначения см. на рис.3.

На рис. 5 представлены результаты по изменению величины rH в процессе хранения корнеплодов и интенсивности выделения CO_2 .

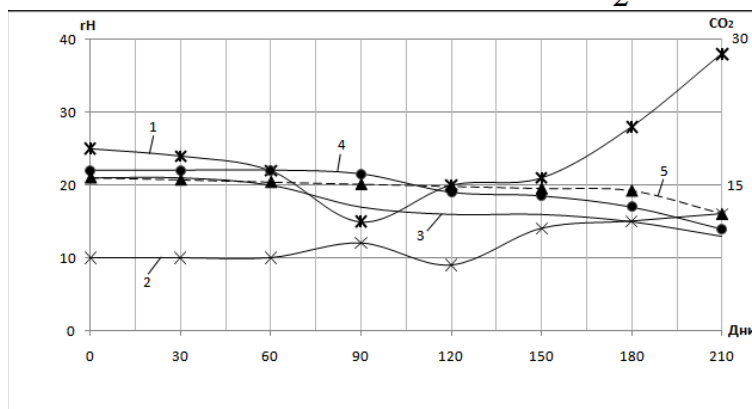


Рис. 5. Изменение величины rH и выделения CO_2 в процессе хранения. 1,2 – выделение CO_2 в слое картофеля 1 – контроль, 2 – обработанный, 3,4 – изменение rH в контрольных образцах картофеля и моркови соответственно; 5 – изменение rH в обработанных антисептиком образцах картофеля, моркови.

Вообще, при хранении плодоовощной продукции, по величине rH определяют период развития продукции [10].

Первый период характеризуется эмбриальным ростом, делением клеток и характеризуется повышенным значение rH , т.е. повышенной окислительной способностью. Второй период характеризуется вытягиванием, энергичным ростом побегов в длину и наливу овощей. Увеличение кислотности вызывает, в свою очередь, усиленное набухание клеток их вытягивание, т.е. переход от эмбриональной стадии роста к росту растяжением. Усиленное выделение CO_2 , при этом – результат анаэробного сдвига дыхания и свидетельствует о падении окислительных процессов.

Третий период – период зрелости – отвечает прекращению роста в длину и переходу к окислительной деффеиринировке. Высокое значение rH обязано повышенной окислительной способности, понижением количества кислот и повышенным синтезом запасных веществ, в частности, сахаров. Важно отметить, что

зрелый и старческий возраст характеризуется переокислением. В этот период rH значительно больше, чем у молодых клеток.

Четвертый период дряхлости и распада (перезревание). Этот период связан с резким падением окислительной способности и накоплением продуктов брожения. Величина rH при этом резко снижается и значительно меньше, чем в период эмбриального роста.

Наши исследования показали (рис.5), что под влиянием антисептика четвертый период у корнеплодов наступает значительно позже, чем в контрольных образцах. Разница во времени достигает 60-65 дней (см.рис.5, кривые 2,5).

Кроме того очевидно, что второй период у контрольных образцов, когда наблюдается анаэробный сдвиг, наступает через 60 дней, при этом наблюдается интенсивное выделение CO_2 (см. рис. 5, кривая 1).

Таким образом, приведенные результаты свидетельствуют о том, что обработанные антисептиком корнеплоды дышат значительно медленнее, что свидетельствует о задержке жизненных процессов. Последнее влияет на качество и сроки хранения продукции. В таблице 2 приведены данные о влиянии антисептика на убыль продукции при хранении.

Таблица 1. Влияние антисептика на убыль продукции при хранении

					Результаты контроля по месяцам. Массовая доля убыли, %														
					Картофель					Морковь									
					Индекс месяца														
					12	1	2	4	6	11	1	3	6						
Анти-септик 1) после планетарной мельницы	0,2	0,02	0,05	3,9	5,6	0,01	0,1	1,1	6,2										
Тоже с 2) добавкой $CaCl_2$ (4%)	0,2	0,02	0,02	0,1	1,5	0,07	0,05	1,1	5,5										
Анти-септик 3) после шаровой барабанной мельницы	1,5	0,5	0,62	6,8	9,5	0,4	0,2	5,0	7,0										

Контроль 4) без антисептика	10,5	13,5	14,0	35	50,5	1,1	3,5	19,0	55,0
-----------------------------------	------	------	------	----	------	-----	-----	------	------

Приведенные в таблице 2 данные по экспериментальному контролю за хранением корнеплодов в первую очередь коррелируются с данными, приведенными на рис.3-5, а также свидетельствуют о том, что срок хранения обработанной антисептиком продукции может быть продлен на 60-80 дней с сохранением высокого качества продукции.

Для примера на рис.6 приведены результаты визуального наблюдения за картофелем через 100 дней после закладки на хранение. Как следует из экспозиции рис.6 контрольные образцы картофеля подвержены признакам гниения, имеют мягкую структуру.

Исследования, проведенные СЭС г. Харькова показали, что компоненты состава не проникают во внутрь овощей, легко смываются водой и после мойки на продуктах отсутствуют даже следы компонентов состава. В обработанной активным агентом продукции (в здоровых овощах) концентрация полезных веществ (каротина, крахмала и др.) в процессе хранения практически не изменяются. Влияние антисептика изучалось также на всхожесть клубней картофеля после их хранения в течение 180-220 дней. Корнеплоды были высажены на опытном поле УНИИОВ по 50 клубней в каждом варианте в 4-х повторениях. Параллельно была посажена контрольная партия корнеплодов, не обработанная антисептиком. Из полученных данных следует, что всхожесть картофеля не ухудшалась, а в ряде случаев улучшалась. Урожайность картофеля не ухудшалась, а при применении в качестве активного агента состава 3 улучшилась значительно. Это видно из таблицы 3.

Таблица 2. Влияние антисептика на урожайность корнеплодов

Тип состава табл.1	Съем с повторений, кг				Среднее значение	
	1	2	3	4		
1	12,1	15,15	18,3	23,3	17,21	
3	13,9	14,45	18,9	21,1	17,08	
2	18,3	29,30	18,9	25,8	23,07	
Контроль	13,6	15,7	10,3	17,7	14,3	

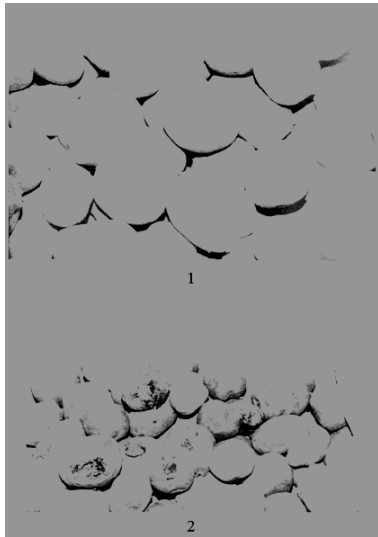


Рис. 6 – Результаты визуальных наблюдений за состоянием картофеля
1 – обработанный антисептиком; 2 – контрольные образцы

Повышение урожайности связано с тем, что составы активного агента приближаются к составу мелиоранта, который, как известно, повышает урожайность на кислых почвах.

Выводы.

1. Целенаправленная переработка отходов гашения извести в производстве высокодисперсного гидроксида кальция позволяет получить антисептик для обработки корнеплодов перед закладкой на хранение и предложить новую технологию хранения корнеплодов.

Исследования по применению новой технологии хранения корнеплодов показали, что препарат безвреден для человека и окружающей среды и прекрасно работает, позволяя не только сохранить продукцию, но и продлить срок хранения на 60-80 дней с сохранением качества продукции.

2. Предложенная технология хранения проста, может легко применяться для многотоннажной обработки продукции, препарат доступен и дешев.

Список литературы: 1. П.В.Шапорев, Д.В.Боглаенко. Производство гидроксида кальция в аспекте снижения техногенного воздействия на окружающую среду.// Химия и технология производств основной химической промышленности. Труды НИОХИМ, Харьков 2007, т.LXXV, с.167-172 2. Карзун Е.Г., Боглаенко Д.В., Шапорев В.П., Шапорев П.В. Исследование процесса смачивания извести водой перед ее подачей в гидратор в производстве высокодисперсного гидроксида кальция или «пушонки»//Вост.-Европейский журнал передовых технологий. Харьков. Технологический центр 2007 1/3 (25) с.41-46 3. Кансо В.Х., Лопухина О.А., Шапорев В.П., Шапорев П.В. Промышленные кальцийсодержащие твердые отходы, перспективы переработки// Вост.-Европейский журнал передовых технологий. Харьков. Технологический центр 2006 1/2 (19), с.156-163 4. Манейло Ю.А., Мусеев В.Ф., Шапорев П.В. Сухие строительные шпатлевки, к вопросу о рецептуре и технологии производства// Вост.-Европейский журнал передовых технологий. Харьков. Технологический центр 2006 6/1 (24), с.23-28 5. Шапорев В.П., Ткач Г.А., Хитрова И.В., Погорелов Ю.И. АС 280206 СССР не публикуется. Заяв.3181221. 25.09.87, зарегистрир. 1.08.1988 6. Шапорев В.П., Ткач Г.А., Хитрова И.В. и др. АС 280207 СССР не публикуется заяв.3181222 25.0987, зарегестр. 1.08.1988 7. ГОСТ 5100-85 Сода кальцинированная техническая (технические условия) 8. Кучеренко Н.Е., Бабенюк Ю.Д., Васильев А.Н. и др. БИО-ХИМИЯ – К.,ВШ Изд-во при Киев.университете, 1988 – 432 с. 9. Сидоренко П.М. Измельчение в химической промышленности. Изд.2-е, перераб – М., Химия, 1977 10. Минин И.М. Хранение овощей и плодов. М., изд. Сельхоз.1938, 200с.

Поступила в редколлегию 24.03.2010

УДК 664.3:547

А.П. МЕЛЬНИК, докт. техн. наук, проф., НТУ “ХП”, г. Харьков

В.Ю. ПАПЧЕНКО, м.н.с., НТУ “ХП”, г. Харьков

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОДУКТІВ РЕАКЦІЇ АМІДУВАННЯ АЦІЛГЛЦЕРИНІВ ДІЕТАНОЛАМІНОМ

Проведено дослідження властивостей продуктів реакції амідування соняшникової олії діетаноламіном. Досліджено адсорбційну здатність, піноутворюючу дію і піностійкість продуктів реакції. Визначено показник заломлення реакційної маси з часом реакції.

Investigations of properties products of reaction of sunflower oil and diethanolamine were carried out. Adsorption ability, foam forming ability and foam stability of reaction products were investigated. Refraction index of reaction mass by the time was determined.

На цей час, в зв'язку з розвитком і розширенням асортименту продукції харчової, косметичної та інших галузей промисловості підвищується попит як на харчові поверхнево-активні речовини (ПАР) – натуральні і модифіковані хімічним способом природні речовини, а саме моноацилгліцерини (МАГ), так і на діетаноламід жириних кислот (ДЖК). Відомо, що в Україні виробництво, як МАГ, так і ДЖК відсутнє – обидва продукти імпортують, тому дослідження направлені на отримання таких речовин є актуальними. Раніше в [1, 2] було запропоновано одночасне отримання МАГ і етаноламідів прямим амідуванням соняшникової олії (СО) моноетаноламіном та оцінені їх поверхнево-активні властивості. Сьогодні не відомі поверхнево-активні властивості ДЖК у суміші з МАГ і діацилгліцеридами (ДАГ), які одержані реакцією амідування СО діетаноламіном (ДЕА), а тим більше співставлення властивостей цих продуктів з продуктами, які отримані за відомими технологіями конденсації жириних кислот з ДЕА і конденсації ефірів жириних кислот [3,4].

Мета роботи полягає в дослідженні піноутворюючої дії, піностійкості і адсорбційної здатності, а також визначення показника заломлення продуктів, які отримано за реакцією амідування СО ДЕА.

Одержання реакційних мас здійснено, як в [5]. Протікання реакції охарактеризовано ступенем перетворення аміногрупи азоту в амідний, який визначено за [5]. Для досліджень використано продукти одержані при мольному відношенні реагентів (МВ) 1:1 і 1:2 і температурі 473 К.

Оцінку поверхнево-активних властивостей продуктів реакції, а саме піноутворюючої дії і піностійкості проведено за методом Росс-Майлса [6]. Як вихідний розчин використано суміш 0,5 % водного розчину сульфатоксилату натрію (СЕ) з 0,5 % домішкою продуктів реакції. Далі цей розчин послідовно розбавляли до концентрації суміші продуктів 0,25 %, 0,125 %, 0,0625 %. Адсорбційну здатність оцінено за захисним ефектом з використанням електрохімічного методу поляризаційного опору для визначення швидкості корозії [7].

Порівняння висоти стовпа піни і піностійкості розчину СЕ і розчинів продуктів реакції у 0,5 % розчині СЕ наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Порівняння піноутворення і піностійкості розчину СЕ і розчинів продуктів реакції одержаних при МВ реагентів 1:1 в 0,5 % СЕ

Час, хв.	Висота стовпа піни, Н (мм) і стійкість піни, Y (%) СЕ і продуктів реакції				
	СЕ	Концентрація розчинів продуктів реакції у 0,5 % СЕ, %			
		0,5	0,25	0,125	0,0625

	Н	У	Н	У	Н	У	Н	У	Н	У
0	155	100	150	100	200	100	170	100	165	100
5	146	94,1	150	100	200	100	163	95,9	153	92,7
10	145	93,5	150	100	200	100	160	94,1	152	92,1
20	140	90,3	148	98,7	197	98,5	160	94,1	151	91,5
30	136	87,7	145	96,7	195	97,5	155	91,2	147	89,1
40	135	87,1	145	96,7	193	96,5	155	91,2	146	88,5
50	134	86,5	145	96,7	191	95,5	155	91,2	143	86,7
60	133	85,8	145	96,7	190	95,0	155	91,2	142	86,1

Як видно з табл. 1 піностійкість (У) у перші 10 хв. у всіх випадках знаходиться на рівні більше 90 % в порівнянні з початковим стовпом піни. Це свідчить про те, що отримані продукти синтезу СО з ДЕА при МВ = 1:1 і температурі 473 К, більше впливають на стійкість піни, ніж на її утворення. Такий характер змін узгоджується з дослідженнями інших авторів, які вказують на властивості етаноламідів впливати на піностійкість більше, чим на утворення піни [3]. Необхідно відмітити те, що у присутності 0,0625 – 0,5 % продуктів реакції як піноутворення, так і піностійкість вище, порівняно з вихідним розчином. Крім того спостерігається максимум піноутворення у присутності 0,25 % продуктів реакції, що можливо вказує на їх синергізм піноутворення в суміші з СЕ.

Також відомі і антикорозійні властивості етаноламідів [3], маючи значну поверхневу активність, вони утворюють на поверхні, на яку нанесені, плівку, яка захищає матеріал, тобто проявляють адсорбційну здатність, і тому вони застосовуються як інгібітори корозії. Дослідження проведено у стандартному середовищі НАСЕ: 5 % мас. NaCl + 250 мг/л СН₃СООН. Для випробування в усіх випадках використано концентрацію продуктів реакції 200 мг/л. Контрольні випробування проводились у тому ж середовищі без додавання продуктів реакції. Вимірювання швидкості корозії здійснені при температурі 295 К і перемішуванні.

Оскільки з збільшенням температури синтезу відбувається накопичення азотовмісних продуктів, то такі зміни повинні впливати на адсорбційну здатність і, як наслідок, на захисний ефект. Одержано зміни глибинного показнику, швидкості корозії і захисного ефекту, які приведено у табл. 2.

Таблиця 2. Швидкість корозії і захисний ефект продуктів реакції одержаних при МВ реагентів 1:1 і 1:2 та різних температурах реакції

Показник	МВ = 1:1		МВ = 1:2		
	463	473	433	443	453
Температура синтезу, К	463	473	433	443	453
Ступінь перетворення, %	79	82	70	71	72,5
Глибинний показник, V _r , мм/рік	0,4524	0,0889 2	0,14898	0,03354	0,15132
Швидкість корозії, V _k , г/(м ² ·рік)	0,5030 7	0,0988 8	0,16567	0,0373	0,1683
Захисний ефект, Z %	85,03	97,14	92,47	98,8	95,14

Примітка: Глибинний показник і швидкість корозії в стандартному середовищі 3,11 мм/рік, 3,46 г/(м²·рік)

З результатів, які надані у табл. 2 видно, що всі продукти реакції, як при $MV = 1:1$, так і при $MV = 1:2$ в суміші середовища НАСЕ з газовим конденсатом проявляють захисний ефект переважно вище 90 %. Крім того слід відмітити, що з підвищенням температури реакції при якій отримані продукти, підвищується і їх захисний ефект. А це може дозволити при внесенні до рецептури таких продуктів здійснювати перевезення їх в металевих ємностях.

Для оцінки можливості використання фізико-хімічних параметрів для контролю протікання реакції і одержання найбільш якісних продуктів вивчено за [6] зміни показника заломлення від часу (рис. 1).

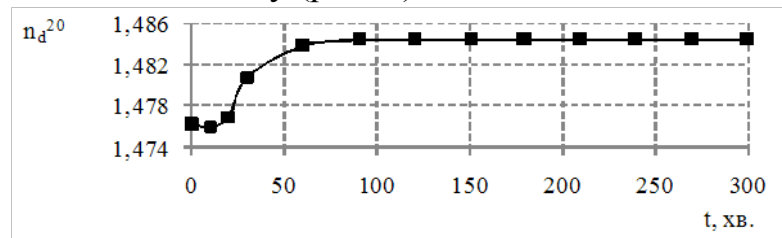


Рис. 1. Залежність показника заломлення (n_d^{20}) реакційної маси на основі СО і ДЕА при MV 1:2 і температурі 463 К від часу реакції (t)

Таблиця 3. Показник заломлення продуктів реакції одержаних при MV реагентів 1:1 і 1:2 та різних температурах реакції

Показник	$MV = 1:1$		$MV = 1:2$		
Температура синтезу, К	463	473	443	453	463
Показник заломлення, n_d^{20}	1,4800	1,4800	1,4840	1,4842	1,4844

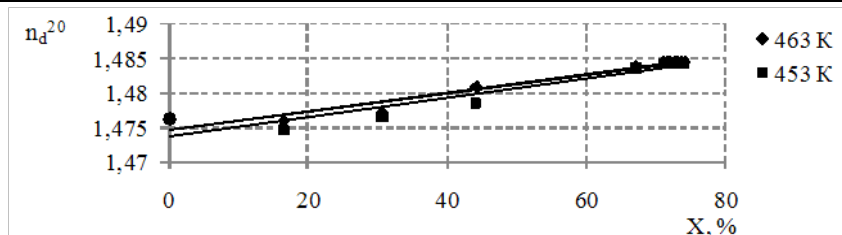


Рис. 2. Залежність показника заломлення (n_d^{20}) реакційної маси на основі СО і ДЕА при MV 1:2 в інтервалі температур 453 – 463 К від ступеня перетворення амінного азоту (X)

Як видно з рис. 1 показник заломлення змінюється з часом реакції, а це свідчить про те, що в процесі амідування відбувається перетворення одних речовин в інші, що і приводить до змін показника заломлення. Найбільші зміни показника заломлення спостерігаються у перші ~ 120 хв. реакції, а в подальшому її протіканні зміни незначні. Пряма (рис. 1), яка спостерігається після ≈ 100 хв. вказує на те, з однієї сторони, що завершилась реакція амідування, а, з іншої, – свідчить про те, що при нагріванні в указаних умовах утворюється стабільний продукт, яким, як відомо, є ДЖК. Встановлені кореляції (рис. 2) в інтервалі температур 453 – 463 К між показником заломлення і ступенем перетворення амінного азоту з коефіцієнтами апроксимації 0,923 і 0,955 можуть бути використані для контролю за процесом амідування. До того ж із змінами температури реакції показник заломлення змінюється менше, ніж із змінами MV (табл. 3).

Висновки: 1. Встановлено, що отримані за реакцією амідування СО з ДЕА продукти можна використовувати в піноміючих засобах як для збільшення піноутворення, так і для підвищення стабільності піни. 2. Знайдено, що продукти реакцій взаємодії СО з ДЕА виявляють високу адсорбційну здатність за захисним ефектом, яка обумовлена утворенням азотовмісних продуктів. 3. Встановлена симбатність змін коефіцієнта заломлення із змінами ступеня перетворення амінного азоту, що дає змогу за змінами фізико-хімічних параметрів реакційної маси контролювати протікання реакції та прогнозувати величину ступеня перетворення амінного азоту.

Список літератури: 1. Мельник А.П., Матвєєва Т.В., Папченко В.Ю. Отримання моно-, діацилгліцеридів з триацилгліцеридів соняшникової олії // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” – Харків: НТУ “ХПІ”, 2004. – № 41. – С. 56-60. 2. Матвєєва Т.В. Технологія отримання моноацилгліцеринів амідуванням соняшникової олії / Дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук. – Харків, 2005. 3. Алкилоламыды жирных кислот . Серия поверхностно-активные вещества и синтетические жирозаменители. М: ЦНИИ-ТЭнефтехим, 1966. – 28 с. 4. Шварц А., Перри Дж. Поверхностно-активные вещества. Их химия и технические применения – М.: Иностранная литература, 1953. – 544 с. 5. Мельник А.П., Папченко В.Ю., Матвєєва Т.В., Діхтенко К.М., Жуган О.А. Дослідження реакції утворення алкілкарбон-N-(дігідроксіетил)амідів // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” – Харків: НТУ “ХПІ”, 2003. – № 11. – С. 64-69. 6. Мельник А.П., Чумак О.П., Березка Т.О. Практикум з хімії та технології повернево-активних похідних вуглеводневої сировини. Навчальний посібник. – Харків: Курсор, 2004.– 277 с. 7. Мельник А.П., Шашора Л.Д. Оцінка швидкості корозії газопромислового і газотранспортного обладнання методом поляризаційного опору // Вісник ХДПУ: Зб. наук. пр. – Харків: ХДПУ, 1999, – Вип. 90. – 73-76 с.

Поступила в редколлегию 28.02.2010

УДК 621.926 666.973.6 655.3.06

А. Ю. ПРАВДИНА, студент НТУ «ХПИ», г. Харьков

Е. В. БУБЛИКОВА, к.т.н., доцент НТУ «ХПИ», г. Харьков

Ю. А. МАНОЙЛО, к.т.н., ассистент НТУ «ХПИ», г. Харьков

В. Ф. МОИСЕЕВ, к.т.н., профессор НТУ «ХПИ», г. Харьков

МЕТОДЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

У статті розглянутий технологічний процес первинної переробки нафти, що поступає з свердловини на родовищі, з подальшим відділенням води. Запропоновані методи глибшого очищення стічних вод, що утворюються, які призначені для подачі в пласт.

The technological process of the primary processing of oil, acting from a mining hole on a deposit is considered in the article, with the subsequent separation of water. The methods of more deep cleaning of appearing waters of sewers, which are intended for a serve in a layer, are offered.

Введение

«Чёрное золото» или нефть – один из наиболее востребованных ресурсов для современного общества. От количества добычи зависит не только благополучие «страны-производителя», но также темпы экономического и технологического развития «стран-потребителей». Исторически сложилось, что наиболее богатые

страны – нефтедобывающие, то есть те государства, на территории которых находятся значительные месторождения нефти. Однако, как показывает практика, кроме добычи и первичной подготовки нефти к транспортировке существуют также проблемы организации эффективной переработки, то есть получения наибольшего количества ценных продуктов [1,2]. Таким образом, нефтедобыча и нефтепереработка занимают одно из главных мест в энергетическом комплексе, и как результат, в настоящее время в различных странах мира создано большое количество нефтегазоперерабатывающих заводов, для которых проблемы совместимости с экологическими требованиями на сегодня являются актуальными. Причиной тому служит то, что данные виды хозяйственной деятельности порождают не только полезные и нужные для человека блага, но и одновременно провоцируют появление массы экологических проблем. Наиболее применяемый метод добычи нефти связан с необходимостью ввода в скважину пластовых вод.

В условиях современности добыча на основных месторождениях вступила в позднюю стадию разработки, что означает высокую обводнённость нефти. Интенсификация добычи за счёт извлекаемой с нефтью воды, приводит к значительному росту затрат, связанных с транспортировкой добываемой жидкости до пунктов подготовки, а также удорожает промысловую подготовку нефти. Кроме этого, пластовую воду после отделения от нефти необходимо вернуть в технологию для утилизации на объектах добычи путем закачки в пласты для поддержания пластового давления. При этом очень важно добиться необходимого уровня очистки вод, которые снова будут закачаны в пласт. Данные аспекты актуальны в условиях объективной действительности, так как их решение направлено, с одной стороны, на понижение экономических потерь нефтепромыслов, а с другой – на увеличение экологической безопасности и общей производственной культуры отрасли. Основная цель данной статьи заключается в рассмотрении существующих путей модернизации процесса предварительной обработки нефти с последующей очисткой отделённых от неё сточных вод.

Характеристика существующего технологического процесса первичной переработки.

Продукция скважин, представляющая собой водонефтяную смесь, с кустовых площадок месторождения поступает в автоматическое гидравлическое замерное устройство (АГЗУ) и далее на ДНС-УПСВ (дожимную насосную станцию), где происходит предварительный сброс воды. На входе в ДНС установлен блок реагентного хозяйства (БРХ), где смонтированы насосы-дозаторы, подающие в каждый блок деэмульгатор (Сондем 4401) для разрушения глобул стойких водонефтяных эмульсий. Доходя до сепаратора первой ступени жидкость перемешивается с деэмульгатором и начинается постепенное разрушение эмульсии (рис. 1). В сепараторах первой ступени происходит первичная сепарация газа при давлении 0,2-0,55 МПа и температуре 2-15 °С выделившийся газ направляется в газосепаратор ГС, где дополнительно освобождается от капель жидкости, которая периодически сливается в дренажные ёмкости. Далее газ поступает в газопровод и сдаётся в систему газосбора УВСИНГа или подаётся на факел. Часть газа поступает в газосепаратор ГС, представляющий собой установку подготовки топливного газа (УПТГ). Газ из газосепаратора поступает в котельную, предназначенную также и

для подогрева водонефтяной эмульсии, которая далее направляется в установку «Хитер-Триттер» (Х-Т) [1].

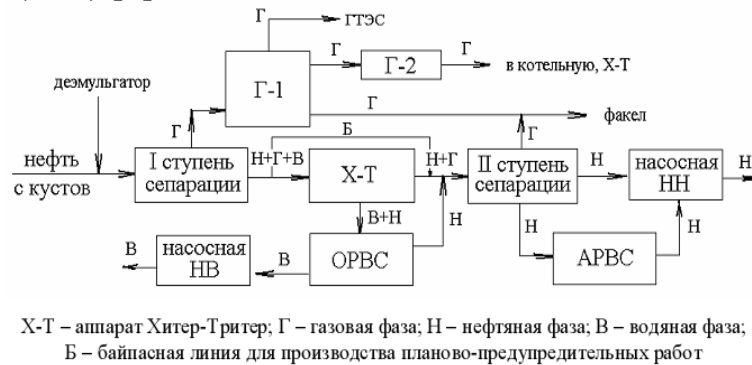


Рис. 1 – Существующая схема сброса воды

Поступающий поток нефти движется в установке в строго горизонтальном направлении, что, как показывает производственный опыт, является наиболее рациональным вариантом применительно к обработке тяжелых нефтей. Данный подход облегчает каплеобразование и отделение воды по всей длине установки «Хитер-Триттер». Нагрев эмульсии происходит во фронтальной части секции жаровых труб. В задней части располагается высоконадежная секция механической коалесценции, обеспечивающая на выходе качество нефти, которая соответствует заданной технологической спецификацией.

Вода собирается ниже нефтяной фазы и сбрасывается через выходной штуцер. Выделение газа и его пеноподавление (в случае образование пены) происходит в верхней части, составляющей 10% от всей длины сосуда. Выход газа предусматривается через выпускной газовый патрубок, установленный, как правило, в задней части сосуда.

Подогретая частично обезвоженная нефть из трёхфазного сепаратора через коаллессор (волнистая решётка внутри Х-Т) поступает в сепараторы-буферы, где происходит дальнейшее разгазирование нефти при давлении 0,15-0,3 МПа и температуре 25-45 °С .

В нормальном режиме эксплуатации разгазированная нефть из сепараторов-буферов поступает на приём насосов внешней откачки нефти. Газ с сепараторов второй ступени отводится на топливные нужды.

Отделённая вода через нижний клапан установки «Хитер-Триттер» под давлением 0,2-0,6 МПа выдавливается в резервуары-отстойники (РО) для дополнительной очистки (отстаивания) от нефтяной плёнки. Затем вода поступает на скважины поддержания пластового давления. После отстаивания в РО накапливается нефтеплёнка, которую через нефтяной стояк сливают в дренажную ёмкость, оснащённую насосом. Отделённая нефтяная плёнка поступает на дальнейшую переработку и может использоваться для производства бензина, дизельного топлива и пр. ДНС содержит следующие основные объекты: сепараторы первой ступени; сепараторы второй ступени; газосепараторы Г-1 и Г-2; насосная станция для откачки нефти НН; насосная станция для откачки воды НВ; аппарат «Хитер-Триттер»; резервуары для очистки воды; резервуар аварийного приёма нефти АРВС .

Чтобы произвести закачку воды в пласт, необходимо, чтобы содержание нефти и механических примесей в данной воде не превышало 30 мг/л по каждому компоненту при остаточном содержании воды в нефти не более 5-7%, как предусмотрено соответствующими нормами. Существующий комплекс оборудования не достигает такой степени очистки, остаточное содержание нефти составляет 60 мг/л. Это не только противоречит нормам, но и является неэкономичным, так как собираемая нефтяная плёнка после отстаивания также поступает в нефтепереработку.

Модернизация системы очистки сточных вод НПЗ

При модернизации узла подготовки сточных вод (УПСВ) ставится задача подготовить воду таким образом, чтобы сброс воды осуществлялся с остаточным содержанием воды в нефти 1-2 %, а также снижения содержания нефти и механических примесей в сточной воде до концентрации 20 мг/л.

Поставленная задача может быть решена при использовании второго аппарата «Хитер-Тритер», подключаемого в схему параллельно к первому аппарату. Однако из-за высокой стоимости оборудования и больших капитальных затрат на размещение такой вариант решения задачи является неоправданным по экономическим соображениям.

Наиболее целесообразным является внедрение дополнительного отстойного аппарата, размещаемого последовательно с аппаратом «Хитер-Тритер». При этом предлагается использование отстойного аппарата с горизонтальными перегородками ОГН-П.

В рекомендуемой модернизированной схеме (рис. 2) предварительного сброса воды аппарат «Хитер-Тритер» используется, в основном, как подогреватель продукции скважин, а процесс отстаивания воды происходит преимущественно в трехфазном отстойнике [3]. Схема предусматривает возможность поступления продукции скважины в отстойник ОГН-П по байпасной линии, минуя аппарат «Хитер-Тритер». Такая обвязка отстойника ОГН-П позволяет работать по предварительному сбросу воды при отключенном аппарате «Хитер-Тритер» для производства профилактических и ремонтных работ.

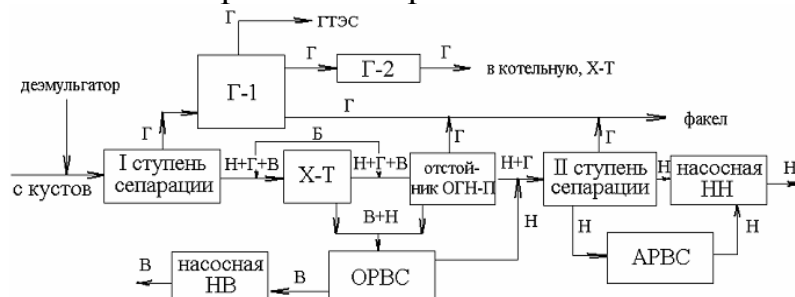


Рис. 2 – Рекомендуемая схема предварительного сброса воды

Расчёт предлагаемой для модернизации установки

ОГН-П является модернизированной моделью обычного горизонтального отстойника ОГ, представляющего собой пустотелую горизонтальную цилиндрическую ёмкость [4, 5, 6].

Перегородки размещаются перпендикулярно горизонтальной оси ёмкости, при этом перегородивается только средняя часть сечения, т. е. перегородки сверху и

снизу не доходят до стенки. Жидкость движется с одного конца ёмкости, куда входит газожидкостная смесь к другому концу. Сверху перегородок движется нефтяная фаза, а ниже - водная фаза эмульсии.

Каждая последующая перегородка относительно предыдущей размещается со смещением вниз на расчетную высоту, так что образуются «ступени» по верхней и нижней кромкам перегородок.

Газожидкостная смесь поступает в отстойник перед первой перегородкой. После заполнения отстойника жидкостью выше уровня нижней кромки перегородки отделившаяся из эмульсии нефть может перетекать из одного отсека в другой только через верхнюю кромку перегородки. Отделившаяся вода свободно проходит снизу нижних кромок перегородок до последнего отсека, откуда и отводится из аппарата.

Нефть накапливается в последнем отсеке, который формируется перегородкой, достигающей нижней образующей горизонтальной ёмкости. Переливаясь через верхние кромки перегородок, нефть освобождается от остаточного газа и воды, так как при переливе через перегородки образуется тонкий слой, где процесс отделения газ и капель наиболее интенсивен. Многократный перелив нефти через перегородки приводит к более тонкой её очистке нефти от свободного газа, воды и механических примесей за сравнительно непродолжительный интервал времени.

Основными конструктивными параметрами отстойника с перегородками являются число и размеры перегородок внутри отстойника, которые определяются расчётным путем, по следующей схеме приведенной (рис. 3) [5].

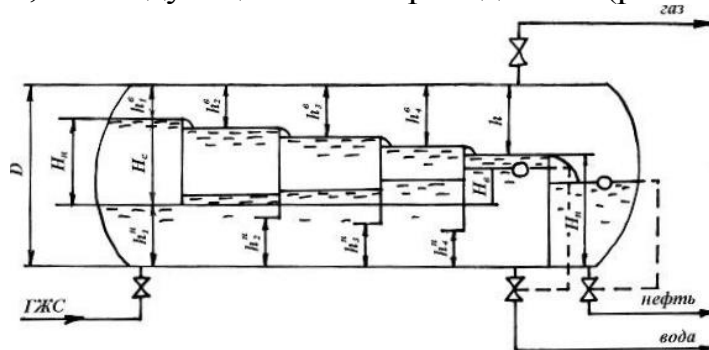


Рис. 3 – Расчётная схема системы очистки

Исходными данными для расчета являются плотность нефти ρ_n , плотность воды ρ_v и диаметр корпуса отстойника D . Расчет проводится по формуле, которая описывает равенство гидростатического давления столбов нефти и воды разной высоты в сообщающемся сосуде:

$$H_n \rho_n = H_v \rho_v, \quad (1)$$

где H_n – высота столба нефти; H_v – высота столба воды.

Первоначально необходимо задать величину H_v с учетом диаметра корпуса отстойника D , высоты используемого пространства для газа, нефти и воды.

При известной величине H_v по формуле (1) определяется разность высот столбов нефти H_n и воды H_v :

$$\Delta H = H_n - H_v. \quad (2)$$

Необходимо задавать высоту Δh – понижением последующей перегородки по сравнению с предыдущей. Рекомендуется принимать $\Delta h \in [0,02-0,03]$ м. Далее

определяется максимальное число перегородок n_m как отношение $n_m = \Delta H / \Delta h$. При размещении перегородок по высоте отстойника необходимо учитывать деление объёма отстойника для каждого компонента газожидкостной смеси: газа, нефти и воды. С учетом количества каждого компонента должна быть предусмотрена соответствующая часть вместимости отстойника. Поскольку уровень раздела «нефть-вода» в предпоследнем отсеке изменяется в пределах варьирования регулятором раздела фаз, нижние кромки перегородок должны быть ниже от расчётных величин на величину изменения раздела фаз.

В общем случае возможно распределение вместимости отстойника так, чтобы каждый компонент газожидкостной смеси (газ, нефть и вода) занимал примерно равную часть, то есть по 1/3 части вместимости.

Определение пропускной способности любого отстойника основан на определении скорости всплытия частиц нефти в воде и оседания капель воды в нефти по формуле:

$$V = \frac{0,056(\rho_B - \rho_H)d^2 \cdot g}{\mu}, \quad (3)$$

где ρ_n, ρ_e – плотности нефти и воды, кг/м³; d – диаметр частиц нефти или капель воды, мкм; g – ускорение свободного падения, м/с²; μ – динамическая вязкость жидкости, то есть нефти или воды, МПа·с.

Как видно из формулы (3), скорость отстаивания зависит от размера частиц d . Укрупнением частиц нефти или воды можно значительно интенсифицировать процесс. Следовательно, для любого отстойника определяющим фактором является подготовленность эмульсии к проведению технологического процесса.

При известной скорости оседания пропускная способность отстойника определяется временем оседания частиц через слой жидкости. Время оседания частиц в отстойнике принимается за необходимое время пребывания эмульсии в отстойнике. Оно оказывается тем меньше, чем тоньше слой жидкости, в котором протекает процесс. Если в обычном оборудовании слой жидкости, где происходит отстаивание, составляет порядка 2 метров, то в рассматриваемом аппарате с перегородками слой жидкости составляет 0,1-0,2 м, то есть толщина слоя меньше почти в 10 раз. Это означает, что время отстаивания в таких аппаратах снижается во столько же раз при прочих равных условиях. При этом следует учитывать, что толщина слоя жидкости при переливе через верхнюю кромку перегородки непосредственно связана с расходом жидкости, так, по теории водослива, расход жидкости через водослив (перегородку) определяется по формуле:

$$Q = m \cdot b \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}, \quad (4)$$

где Q – расход жидкости; b – ширина водослив (перегородки); H – геометрический напор (толщина слоя жидкости выше кромки перегородки); m – коэффициент расхода водослива.

Из формулы (4) видно, что Q и H взаимосвязаны. При этом скорость оседания частиц в слое жидкости H является ограничивающим фактором пропускной способности отстойного оборудования.

С учетом вязкости жидкости экспериментальным путем определён коэффициент расхода водослива m применительно к отстойнику с перегородками:

$$m = 0,069 + 2,476 \frac{\mu_B}{\mu_y}, \quad (5)$$

где μ_B – динамическая вязкость воды; μ_n – динамическая вязкость нефти.

С учетом изложенных факторов, для ориентировочных расчетов пропускную способность отстойника с перегородками рекомендуется определить по формуле:

$$Q = 300 \cdot V, \quad (6)$$

где V – вместимость отстойника, м³/с.

Используя вышеизложенную методику, любой пустотелый отстойник-сепаратор может быть модернизирован и преобразован в трёхфазный высокоэффективный отстойный аппарат, работающий с высокой эффективностью.

Заключение

Таким образом, модернизируя процесс первичной обработки нефти и очистки сточных вод, возможно достижение установленных нормой показателей содержания нефти и механических примесей в водах, предназначенных для закачки в пласт.

Кроме того, такие меры, обеспечивающие более полное извлечение нефти из сточных вод, предусматривают экономию энергоресурсов как в виде нефтяной плёнки, которая далее поступает на переработку, так и в виде снижения затрат, связанных с перекачкой излишних объёмов жидкостей.

Список литературы: 1. Буланов А.Н. «Регламент работы цеха первичной подготовки нефти на «Быстринском» НГДУ», Сургут, ОАО «Сургутнефтегаз», 1997. 2. Коваленко Е. «Сургутнефтегаз: право быть первым». ОАО «Сургутнефтегаз», 2007. 3. Кривцов А. И. Установка предварительного сброса воды Хитер-«Тритер» // Нефтегазопереработка и нефтехимия -2005. Уфа: Изд-во ГУП ИНХП РБ, 2005. 4. Ластовкин Г. А., Радченко Е. Д., Рудина М. Г. Ленинград, Химия, 1986. 5. Рабинович Г. П., Рябых П. М., Хохряков П. А., под ред. Судакова Е.Н. «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки». Справочник. – М., «Химия», 1979. 6. Скобло А. И., Трегубова И. А., Егоров Н. Н. "Процессы и аппараты, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности". – М., Государственное научно-техническое изд., 1962. 7. Эрих В.Н., Расина М.Г., Рудин М.Г. "Химия и технология нефти и газа". Ленинград, "Химия", 1972.

Поступила в редколлегию 13.04.2010

УДК 66.074

И.В. ПИТАК, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», г. Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МОКРОГО УЛАВЛИВАНИЯ ПЫЛИ В РОТОРНОМ ВИХРЕВОМ АППАРАТЕ

Охорона навколишнього середовища стала одним з пріоритетних напрямів розвитку та забезпечення екологічної безпеки України. Захист повітряного басейну від промислових викидів є складним процесом, який пов'язаний з постійною зміною технологій різних галузей промисловості, а також і вдосконалення технічних засобів очищення шкідливих викидів від промислових підприємств.

The protection of a surrounding medium became one of priority directions of a development and maintenance of ecological safety of Ukraine. The guard of air basin from industrial ejections is composite process, bound with stationary values by change of technologies of different industries, together with perfecting of means of clearing of harmful ejections from the industrial enterprises.

Для мокрой очистки газов от пыли используют различное оборудование отличающееся по устройству, производительности, принципу образования межфазной поверхности и т.д. общее, что объединяет эти аппараты – это развитая поверхность и высокие скорости взаимодействия газожидкостных потоков. По устройству и принципу действия аппараты мокрой очистки от пыли подразделяются на следующие группы: насадочные, полые, барботажные, ударно-инерционные, центробежные, динамические скоростные промыватели [1-6].

Наибольший интерес представляют мокрые пылеуловители инерционного осаждения частиц при резком изменении направления движения газового потока над поверхностью жидкости.

В основе работы мокрых пылеуловителей лежит контакт запыленных газов с жидкостью, при этом осаждение происходит на капли, поверхность газовых пузырей или пленку жидкости. Доминирующим механизмом осаждения является инерционный и центробежный [1, 2].

В общем случае в скоростных аппаратах мокрой очистки газов в газодисперсном потоке все механизмы действуют параллельно, и общую эффективность в роторном вихревом аппарате можно оценить по формуле вида

$$\eta = 1 - (1 - \eta_i) \cdot (1 - \eta_c), \quad (1)$$

где – η_i – эффективность инерционного осаждения; η_c – эффективность очистки центробежными силами.

• **Центробежный механизм улавливания частиц**

Центробежная сила, действующая на частицы во вращающемся потоке, намного больше, чем гравитационная.

Сделаны попытки предварительно оценить эффективности улавливания частиц с использованием центробежной силы. В теоретических моделях допускается ряд предположений, которые не подтверждаются экспериментально. Другие методы основаны на использовании экспериментальных коэффициентов, которые позволяют предвидеть кривую фракционной эффективности со значительной степенью точности. Удовлетворительная теоретическая модель, основанная на реалистических предположениях о траектории частицы до сих пор еще не разработана, поэтому в настоящее время нельзя сделать выбор в пользу какого-либо наиболее обобщающего подхода к ее созданию [3, 4].

Представим графически как скорость частицы разлагается в спиральном газовом потоке (рис. 1)

Определим скорость осаждения частиц в нашем аппарате по формуле

$$w_{oc} = \frac{d^2 \cdot \rho_{ms}}{18 \cdot \mu} \cdot \frac{w_{zm}^2}{0.6 \cdot r}. \quad (2)$$

Зная скорость осаждения частиц в аппарате, можно определить время осаждения частиц

$$\tau = \frac{r - 0.2 \cdot r}{w_{oc}} = \frac{18 \cdot 0.8 \cdot r \cdot \mu \cdot 0.6 \cdot r}{d^2 \cdot \rho_{ms} \cdot w_{zm}^2} = \frac{9 \cdot r^2 \cdot \mu}{d^2 \cdot \rho_{ms} \cdot w_{zm}^2}. \quad (3)$$

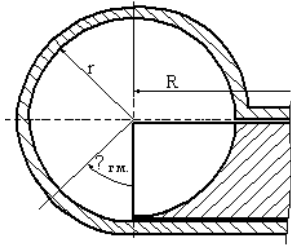


Рис. 1. Разложение скорости частицы в спиральном газовом потоке роторного вихревого аппарата

определим время пребывания частицы в точке «k» на радиусе «r»

$$\tau(k) = \frac{r - k \cdot r}{w_{oc}} = \frac{(1 - k) \cdot r \cdot 18 \cdot \mu \cdot (1 + k) \cdot r}{2 \cdot d^2 \cdot \rho_{мс} \cdot w_{зм}^2} = \frac{9 \cdot (1 - k^2) \cdot r^2 \cdot \mu}{d^2 \cdot \rho_{мс} \cdot w_{зм}^2} \quad (5)$$

Приравняем правые части уравнений (4) и (5):

$$\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot R}{Q} = \frac{9 \cdot (1 - k^2) \cdot \mu}{d^2 \cdot \rho_{мс} \cdot w_{зм}^2} \quad (6)$$

Выразим из уравнения (6) значение $(1 - k^2)$

$$(1 - k^2) = \frac{2\pi^2 \cdot R}{Q} \cdot \frac{d^2 \cdot \rho_{мс} \cdot w_{зм}^2}{9 \cdot \mu} = \frac{2\pi^2 \cdot R \cdot d^2 \cdot \rho_{мс} \cdot w_{зм}^2}{Q \cdot 9 \cdot \mu} \quad (7)$$

Зная значение времени пребывания частиц в аппарате и время пребывания частиц в точке «k» на радиусе «r» можно определить эффективность очистки в аппарате с применением центробежных сил по формуле

$$\eta_y = \frac{S_{кольца}}{S_{круга}} = 1 - k^2 \quad (8)$$

Для уточнения формулы по определению эффективности очистки в роторном вихревом аппарате с применением центробежного механизма улавливания в уравнении (7) значение Q заменим на значение коэффициента расхода, который равен

$$\gamma = \frac{Q}{\pi r^2 w_{п.к.}}, \text{ и значение } k_M, \text{ который равен } k_M = \frac{\tau_M}{\tau_{окр}} \approx \frac{w_{мг}^2}{w_{окр.г}^2} - \text{соотношение меридиональных и окружных напряжений на границе газ-жидкость}$$

Допустим, что $w_{мг}^2$

$$\text{равно } w_{мг}^2 = \frac{w_{окр}^2}{1 + \frac{1}{k_M}} = \frac{k_M \cdot w_{окр}^2}{k_M + 1}. \text{ Тогда формула (3.7) будет выглядеть следующим}$$

образом

$$(1 - k^2) = \frac{2\pi^2 \cdot R \cdot d^2 \cdot \rho_{тв} \cdot w_{окр.к}^2}{9\mu\gamma\pi \cdot r^2 \cdot w_{п.к.}} \cdot \frac{k_M}{k_M + 1} = \frac{2\pi^2 \cdot R \cdot d^2 \cdot \rho_{тв} \cdot w_{окр.к}^2}{9\mu\gamma r^2} \cdot \frac{k_M}{k_M + 1} \quad (3.9)$$

По результатам наших экспериментальных исследований $k_M \approx \frac{0.4}{\gamma}$. Тогда формула (8) будет выглядеть следующим образом

$$(1 - k^2) = \frac{2}{9} \cdot \frac{\pi \cdot R \cdot d^2 \cdot \rho_{мс} \cdot w_{окр.к}}{\mu \cdot \gamma \cdot r^2} \cdot \frac{\frac{0.4}{\gamma}}{\frac{0.4}{\gamma} + 1}. \quad (10)$$

Выразим $w_{окр.к}$ в уравнении (10) через $w_{окр.к} = \omega R$, а $\omega = \frac{\pi n}{30}$ получим выражение $\eta_{ц}$ для роторного вихревого аппарата

$$\eta_{ц} = \frac{5}{9} \cdot \frac{\pi \cdot R^2 \cdot d^2 \cdot \rho_{мс} \cdot \omega}{\gamma \cdot \mu \cdot r^2} \cdot \frac{0,4}{(0,4 + \gamma)}. \quad (11)$$

Преобразовав уравнение (11) получим выражение для определения эффективности очистки в роторном вихревом аппарате мокрым способом с применением центробежных сил

$$\eta_{ц} = \frac{5}{9} \cdot \frac{\pi \cdot R \cdot d^2 \cdot \rho_{мс} \cdot \omega}{\mu} \cdot \left(\frac{R}{r}\right)^2 \cdot \frac{1}{(1 + 2,5\gamma)\gamma} \quad (12)$$

- **Инерционный механизм осаждения на капли жидкости**

В модели инерционного столкновения принято, что частицы обладают массой и, следовательно, инерцией, но не имеют размеров. Для того, что учесть реальные размеры частиц, в механизме захвата принимают, что частицы имеют определенные размеры, но не обладают массой, и поэтому они следуют по линиям тока газа вокруг улавливающего тела.

Если в газовый поток, протекающий через пылеуловитель, введен аэрозоль, частицы аэрозоля будут следовать по линиям газового потока до тех пор, пока они не начнут отклоняться вблизи улавливающего материала. благодаря своей массе частицы обладают достаточным моментом инерции для того, чтобы двигаться прямолинейно по направлению к улавливавшему материалу, прорываясь через линии тока (рис. 2). Внешние силы, например, силы тяжести, будут способствовать этому эффекту.

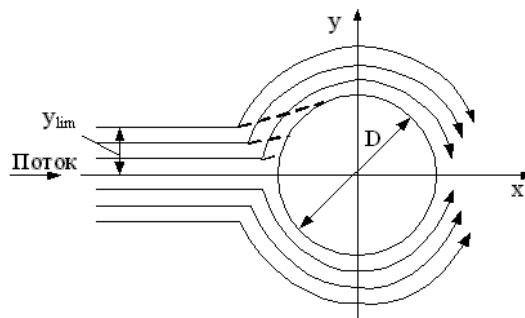


Рис. 2. Схема обтекания цилиндра

Сплошной линией обозначен линия потока газа, пунктирной – траектория частиц, улавливаемых при инерционном столкновении.

Для определения эффективности очистки с использованием сил инерции для вихревого аппарата можно применить формулу следующего вида

$$\eta = \frac{V_{\text{очищ}}}{V_{\text{общ}}}, \quad (13)$$

где η – отношение количества очищенного воздуха в аппарате каплями определенного диаметра в м³/с к общему количеству воздуха прошедшего через аппарат в м³/с

$$\eta = \frac{V_{\text{очищ}}}{V_{\text{общ}}}. \quad (14)$$

Объем очищенного воздуха определяем из следующего выражения

$$V_{\text{очищ.}} = n_k \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot K_m \cdot K_{St} \cdot r_{\text{прот.ч}}. \quad (15)$$

Количество капель в аппарате можно определить исходя из условно принятого объема жидкости но это не совсем правильно.

$$\begin{aligned} V_{\text{капли}} &= \frac{\pi \cdot d_k^3}{6} = \frac{\pi \cdot d_k^3}{6} \\ &= \frac{w_{\text{м.пл.}} \cdot 2/3 k_3 \cdot r \cdot 2\pi \cdot R}{\frac{\pi \cdot d_k^3}{6}} = \frac{8\pi \cdot k_3 \cdot r \cdot R \cdot w_{\text{м.пл.}}}{\pi \cdot d_k^3} \end{aligned} \quad (16)$$

Необходимо определить неизвестные величины в уравнении (16). Определим объем жидкости, который подается на рабочее колесо. Чтобы определить объем жидкости условно принимаем, что внутренний объем жидкости зависит от толщины пленки, тогда

$$V_{\text{вн.жс}} = w_{\text{м.пл.}} \cdot l \cdot h_{\text{пл}} = w_{\text{м.пл.}} \cdot 2\pi \cdot R \cdot h_{\text{пл}}. \quad (17)$$

В уравнении (17) два неизвестных. Попробуем определить чему равна толщина пленки. Из экспериментальных исследований известно, что $\frac{v_{\text{пл.}}}{v_{\text{ан.}}} = h_{\text{пл.}}$. Откуда

$$h_{\text{пл.}} = \frac{v_{\text{пл.}}}{3 \cdot \pi^2 \cdot R \cdot r}. \quad (18)$$

Выражаем из уравнения (18) $v_{\text{пл.}}$

$$v_{\text{пл.}} = v_{\text{ан.}} \cdot k_3 = \pi \cdot r^2 \cdot 2\pi \cdot R \cdot k_3. \quad (19)$$

где k_3 - коэффициент, учитывающий отношение расхода воды внутри аппарата

к расходу воздуха $k_3 = f\left(\frac{V_{\text{вн}}}{Q_s}\right)$.

Подставим уравнение (3.19) в уравнение (18) и получим выражение для определения высоты пленки

$$h_{\text{пл}} = \frac{2\pi^2 \cdot r^2 \cdot R \cdot k_3}{3\pi^2 \cdot r \cdot R} = \frac{2}{3} \cdot k_3 \cdot r. \quad (20)$$

Подставим полученное уравнение (20) в уравнение (17) и получим уравнение для определения объемного расхода жидкости (внутреннего), который поступает на рабочее колесо

$$V_{\text{вн.жс}} = 2\pi \cdot R \cdot \frac{2}{3} \cdot r \cdot k_3 \cdot w_{\text{м.пл.}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R \cdot r \cdot k_3 \cdot w_{\text{м.пл.}} \quad (21)$$

Подставим уравнение (21) в уравнение (16) для определения количества капель в аппарате и получим

$$n_k = \frac{V_{\text{вн.жс}}}{V_{\text{капли}}} = \frac{4}{3} \cdot \frac{\pi \cdot R \cdot r \cdot k_3 \cdot w_{\text{м.пл.}}}{\frac{\pi d^3}{6}} = \frac{8 \cdot R \cdot r \cdot k_3 \cdot w_{\text{м.пл.}}}{d^3} \quad (22)$$

Зная количество капель, определяем объем воздуха прочищенного каплями

$$V_{\text{ч.}} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot n_k \cdot (k_T \cdot r) \cdot K_{st}, \quad (23)$$

где $(k_T \cdot r)$ - коэффициент, учитывающий длину траектории; K_{st} - параметр инерционного столкновения.

Подставим уравнение (22) в уравнение (23) и получим уравнение для определения объема прочищенного воздуха

$$V_{\text{ч.}} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{V_{\text{вн.}} \cdot (k_T \cdot r) \cdot K_{st}}{\frac{\pi \cdot d_k^3}{6}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{\text{вн.}} \cdot (k_T \cdot r) \cdot K_{st}}{d_k} \quad (24)$$

Зная объем прочищенного воздуха и общий объемный расход воздуха в аппарате определяем инерционную эффективность очистки

$$\eta_I = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{\text{вн.}} \cdot (k_T \cdot r) \cdot K_{st}}{Q \cdot d_k} = \frac{3}{2} \cdot \frac{K_3 \cdot (k_T \cdot r) \cdot K_{st}}{d_k} \quad (25)$$

Установлено, что в основе процесса мокрого уловления пыли в роторном вихревом аппарате лежит контакт запыленных газов с жидкостью, при этом выделено два основных механизма: центробежный механизм, который обусловлен интенсивной закруткой газовой фазы в меридиональном сечении, и инерционного захвата частиц пыли каплями жидкости. Эффективность инерционного осаждения пропорциональна количеству воды, которая циркулирует в аппарате и разбрызгивается рабочим колесом.

Определено, что эффективность центробежного улавливания пыли возрастает пропорционально частоте вращения рабочего колеса и квадрату отношения радиуса рабочего колеса к радиусу меридионального сечения проточной части [5, 6].

Экспериментально подтверждено, что при увеличении расхода воздуха эффективность очистки снижается.

Список литературы: 1. И.В. Питак, П.П. Хусточкин, В.Ф. Моисеев, В.П. Шапорев. Аппарат для проведения процессов абсорбции и газоочистки //Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків:НТУ «ХПІ» - 2005. –№9. – С.3-6. 2. І.В.Пітак, О.Г. Трошин, В.Ф. Моїсеєв, В.П. Шапорєв. Можливості використання тороїдального контактного елемента в вугільній промисловості //Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових

праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ» - 2006. - №10. – С.137-142. **3.** И.В. Питак, А.Г. Трошин, В.Ф. Моисеев, А.В. Сурков. Гидравлическая характеристика роторного массообменного аппарата //Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: «Хімія, хімічна технологія та екологія». – Харків: НТУ «ХПІ» - 2007. - №32. – С. 93-100. **4.** Трошин А.Г., Питак И.В. О режимах движения жидкой фазы в роторном вихревом массообменном аппарате //Інтегровані технології та енергозбереження //Щоквартальний науково-практичний журнал. – Харків: Національний технічний університет «ХПІ», 2007. - №4. – С. 31-37. **5.** И.В. Питак, А.Г. Трошин, В.Ф. Моисеев. Определение эффективности очистки газоздушного потока в роторном массообменном аппарате // Східно-Європейський журнал передових технологій – Харків: Технологічний центр, 2007, № 5/4 (29) – с. 9–12. **6.** Патент України на корисну модель. № 29985 від 11.02.2008, МПК В 01 D 3/00. Роторний масообмінний апарат / *Питак І.В., Трошин О.Г., Моисеев В.Ф., Шапоров В.П.*

Поступила в редколлегию 16.03.2010

СОДЕРЖАНИЕ

Л. Л. Товажнянский, В.В. Березуцкий Разработка ресурсосберегающих процессов и аппаратов, обеспечивающих применение водных сред на производстве	3
Н.Б. Волненко, О.І. Богатов, В.М. Литвиненко, Ю.В. Кулявець Вплив шуму на організм працівників при будівництві та експлуатації автомобільних доріг	12
Н.Л. Березуцкая Оценка негативного влияния смазочно-охлаждающих жидкостей на окружающую среду	17
М.А. Касьянов, О.О. Андріанова, В.О. Медяник, О.М. Гунченко, О.О. Рибальченко Дослідження впливу монотонності і стресу на психічну втому і небезпеку травматизму	24
Ю.В. Кулявець, О.І. Богатов, О.А. Ермакова, Н.Б. Волненко Ймовірнісні методи виявлення оператором сигналів про стан об'єкта	26
А.Ф. Лазутський, А.В. Писарєв, В.О. Табуненко Щодо питання визначення фізико-хімічних процесів поверхневого радіоактивного забруднення	31
В. Н.Малеткин, О. Н. Друзь, А.В. Черных Использование критериев безопасности для оценки воздействия негативных факторов техногенной среды в Луганской области	36
М.М. Латишева, Т.С. Павленко, Н.Є. Твердохлєбова Особливості підготовки учасників до участі у олімпійських змаганнях	38
Ю.О. Куліш Безпека на дорогах України	43
Н.Н.Сердюк Оценка здоровья человека при совместном действии вредных производственных факторов	46
В. М. Заплатнинський Безпека в структурі потреб людини за А Маслоу	50

І. В. Урядникова, В. Г. Лебедєв Планування ризиків при роботі блоків систем водоочищення	55
В.М. Стрелец, М.В. Васильєв, Д.О. Стельмах Особенности обеспечения безопасности спасателей в изолирующих костюмах при ликвидации аварий с выбросом опасных химических веществ	59
А.Н. Горяинов, Г.В. Черкасова Выделение групп потенциала предприятия для целей транспортной диагностики	63
Д.А. Дёмин Принятие решений в процессе управления электроплавкой с учетом факторов нестабильности технологического процесса	67
Л.И. Марченко, В.О. Синявин Программный пакет для локального тестирования	72
В.В. Кухарь Тепловое состояние заготовки с предварительно заданным распределением температур по высоте при остывании на плоском штампе	77
С.Б. Каргин, Б.С. Каргин, В.В. Кухарь, О.Е. Марков, Р.И. Тихоненко Разработка конструкции профилированных бойков и элементов технологииковки трёхлепестковой и четырёхлепестковой заготовки для последующей протяжки	81
Радван М. Джавад Оценка высших производных радиальной дальности для сверхманевренных летательных аппаратов	85
К.К. Диамантопуло, М.О. Лесовой Эволюция технологии разделения гнутых профилей и труб	94
А.В. Белогуб, В.А. Пылев Оценка высокочастотного термонапряженного состояния тонкостенного поршня ДВС	100
Ю.В. Доценко Вплив тиску і модифікування на властивості металу виливків сплавів системи Al-Si	103
В. Ю. Селівьорстов, П. Д. Куш Диверсифікація режимів здійснення технології газодинамічного впливу	108

при виготовленні виливків способом ЛВМ Ю.А. Плеснецов, А.С. Забара	113
Анализ процесса формообразования гнутых профилей замкнутого сечения	
В.Ф. Райко, П.В. Шапоров, А.Ю. Масикевич	116
Переработка отвалов гашения извести в производстве высокодисперсного гидроксида кальция на антисептик – препарат для обработки корнеплодов перед закладкой на хранение	
А.П. Мельник, В.Ю. Папченко	125
Дослідження властивостей продуктів реакції амідування ацилгліцеринів діетаноламіном	
А. Ю. Правдина, Е. В. Бубликова, Ю. А. Манойло, В. Ф. Моисеев	129
Методы модернизации первичной переработки нефти	
И.В. Питак	135
Исследование процесса мокрого улавливания пыли в роторном вихревом аппарате	

Наукове видання

**ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ"**

Збірник наукових праць

Тематичний випуск

"Нові рішення в сучасних технологіях"

Випуск №17

Технічний редактор Т.Л. Коворотний

Відповідальний за випуск В.М. Луньова

Обл.-вид. № 74-10

Підписано до друку 22.04.2010. Формат 60x84/16 Папір офсетний.
Друк різнографічний. Ум.-друк. арк. 8. Зам. №25

Надруковано у видавництві "Технологічний центр".
61145 Харків, вул. Новгородська 3а
Тел./факс (057) 750-89-90