



М. ҚОЗЫБАЕВ АТЫНДАҒЫ  
СӨЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН МЕМЛЕКЕТТІК УНИВЕРСИТЕТІ  
СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ М. КОЗУБАЕВА

М. KOZYBAYEV  
NORTH KAZAKHSTAN STATE UNIVERSITY



Индекс 74935

# ХАБАРШЫ

ТЕХНИКАЛЫҚ СЕРИЯСЫ

## ВЕСТНИК

СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ

## BULLETIN

TECHNICAL SERIES



№ 4 (33)

Петропавл, 2016

**М.ҚОЗЫБАЕВ АТЫНДАҒЫ  
СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН МЕМЛЕКЕТТІК УНИВЕРСИТЕТІ  
СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ М.КОЗЫБАЕВА**

**М.KOZYBAYEV  
NORTH KAZAKHSTAN STATE UNIVERSITY**

# **ХАБАРШЫ**

**Техникалық сериясы**

---

# **ВЕСТНИК**

**Серия техническая**

---

# **BULLETIN**

**Technical series**

---

**№ 4 (33)**

**Петропавл  
2016**

**М.Қозыбаев атындағы  
Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің хабаршысы**

**Вестник Северо-Казахстанского государственного  
университета им. М.Козыбаева**

**Bulletin of M.Kozybayev North-Kazakhstan State University**

---

**Басылымы IV (XXXIII)  
Выпуск IV (XXXIII)  
Volume IV (XXXIII)**

**Жылына 4 рет басылып шығарылады  
Выходит 4 раза в год  
Published 4 times a year**

**Редакционная коллегия серии:**

**Омирбаев С.М.**, ректор, д.э.н., профессор - главный редактор.

**Ивель В.П.**, д.т.н., профессор - заместитель гл. редактора.

**Члены коллегии:**

Демьяненко А.В. - к.т.н.;

Косых А.В. - д.т.н., профессор (Россия);

Попов А.Ю. - д.т.н., профессор (Россия);

Машеков С.А. - д.т.н., профессор (Казахстан, КазНКТУ им.К.И.Сәгпаева);

Кошеков К.Т. - д.т.н., доцент;

Савинкин В.В. - к.т.н.;

Dr.-Ing. Arnold Sterenharz, Managing Director, ECM space technologies GmbH, Berlin (Германия);

Кузнецова В.Н. - д.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)» (Россия, г.Омск).

**М.Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің хабаршысы / Вестник Северо-Казахстанского государственного университета им. М.Козыбаева / Bulletin of M.Kozybayev North Kazakhstan State University. Выпуск №4(33). - Петропавловск: СКГУ им. М.Козыбаева, 2016. – 162 с.**

© Северо-Казахстанский государственный университет  
им. М.Козыбаева, 2016, г. Петропавловск

## МАЗМҰНЫ / СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Абильмажинова А.С.</b> (магистрант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), <b>Томашец А.К.</b> (профессор, к.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) <i>Качество моторного масла как фактор обеспечивающий снижение потерь энергии на трение.....</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 6  |
| <b>Абдураимов Е.К.</b> (студенттер, М.Қозыбаев атындағы СҚМУ, қ. Петропавл), <b>Екентай І.М.</b> (студенттер, М.Қозыбаев атындағы СҚМУ, қ. Петропавл) <i>Газ – дизельді қондырғының сығылған табиғи газбен жұмыс істеуі.....</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 9  |
| <b>Абраменков Д.Э.</b> (д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Здания, строительные конструкции и материалы», ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет путей сообщения, г.Новосибирск, РФ), <b>Абраменков Э.А.</b> (д.т.н., профессор, кафедра «Строительные машины автоматика и электротехника» ФГБОУ ВО Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, г.Новосибирск, РФ), <b>Савинкин В.В.</b> (доцент, к.т.н., заведующий кафедрой «Транспорт и машиностроение» РГПП ПХВ СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск, РК) <i>Воздухораспределительные системы и перспективы применения дроссельных пневмоударных механизмов и перспективы их применения в машинах нового поколения на их основе.....</i> | 11 |
| <b>Адилбеков А.Е.</b> (магистрант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), <b>Кошеков К.Т.</b> (профессор, д.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) <i>Вибродиагностика насосного оборудования.....</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 21 |
| <b>Айтулина А.М.</b> (аға-оқытушы, М.Қозыбаев атындағы СҚМУ, қ. Петропавл), <b>Кожяхметова Д.Е.</b> (студент М.Қозыбаев атындағы СҚМУ, қ. Петропавл), <b>Секенов Е.Е.</b> (студент М.Қозыбаев атындағы СҚМУ, қ. Петропавл) <i>Мобильдік байланыс желілерінің болашағы.....</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 25 |
| <b>Голодова И.В.</b> (доцент, к.х.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) <i>Исследование многокомпонентных систем, содержащих 3-d элементы методом фурьордта с привлечением большого числа аналитических длин волн.....</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 29 |
| <b>Демьяненко А.В.</b> (декан, к.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), <b>Исаева И.Н.</b> (докторант, КазНИТУ им. К. Сатпаева, г.Алматы), <b>Ахметова Д.А.</b> (магистрант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) <i>Исследование искусственного отражателя типа «Пропил» в тонкостенной стальной пластине методом ультразвуковой дефектоскопии.....</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 37 |
| <b>Demyanenko A.V.</b> (Dean of Engineering and Technology Faculty, NKZU named after M. Kozybaev) <i>Internet of things and operator training simulators.....</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 48 |
| <b>Зорин А.Ю.</b> (студент СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) <i>Анализ преимущества применения композитных опор.....</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 51 |
| <b>Ивель В.П.</b> (профессор, д.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), <b>Герасимова Ю.В.</b> (доцент, к.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) <i>Принципы построения цифро-аналоговых преобразователей для многопараметрических систем управления на базе платформы ARDUINO MEGA 2560.....</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 58 |
| <b>Ивель В.П.</b> (профессор, д.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), <b>Герасимова Ю.В.</b> (доцент, к.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), <b>Сыздыков Д.Т.</b> (магистрант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) <i>Моделирование многопараметрической системы управления электрохимическим формообразованием на базе платформы ARDUINO MEGA 2560 в реальном формате времени.....</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 62 |

М.Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің хабаршысы

Меншік иесі: ҚР Білім және ғылым министрлігінің «Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті» ШЖҚ РМК. №13405-Ж есепке алу туралы күәлігін 2013 жылдың 25 ақпанында ҚР Мәдениет және ақпарат министрлігі берген.

Басылуға 11.11.2016 ж. қол қойылды. Пішімі 60×90 1/8. Times гарнитурасы.

Кілемі 20,25 б.т. Таралымы 60 дана. Кітап-журнал қағазы. Тапсырыс №221.

М.Қозыбаев атындағы СҚМУ баспаханасында басылды. 150000, Петропавл қ., Пушкин к., 86.

Вестник Северо-Казахстанского государственного университета им. М.Козыбаева

Собственник: РГП на ПХВ «Северо-Казахстанский государственный университет имени Манаша Козыбаева» МОН РК. Свидетельство о постановке на учет №13405-Ж от 25 февраля 2013 г. выдано Министерством культуры и информации РК.

Подписано в печать 11.11.2016 г. Формат 60×90 1/8. Гарнитура Times.

Объём 20,25 усл.печ.л. Тираж 60 экз. Бумага книжно-журнальная. Заказ №221.

Отпечатано в СКГУ им. М. Козыбаева. 150000, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86.

Bulletin of M.Kozybayev North Kazakhstan State University

Owned by Republican State Enterprise «M.Kozybayev North Kazakhstan State University».  
Certificate no.13405-Ж issued by Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan  
on 25 February, 2013.

Signed for publishing on 11/11/2016. Size: 60x90 1/8. Font type: Times. Volume: 20.25 conventional lists.  
Number of copies: 60. Order no. 221. Printed on office paper by M. Kozybayev NKSU Press, 86, Pushkin  
street, Petropavlovsk, Kazakhstan, 150000.

Әдебиет:

1. Жүнісбеков П.Ж. Автомобильдің құрылысы және оның пайдаланылуы.
2. Сабыралиев Н. Автомобиль құрылысы және көлік жүргізушілерін даярлау.

УДК 621.542.01

ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ  
ПРИМЕНЕНИЯ ДРОССЕЛЬНЫХ ПНЕВМОУДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ И  
ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ  
В МАШИНАХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА ИХ ОСНОВЕ

Абраменков Д.Э.

(д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Здания, строительные конструкции и материалы»,  
ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет путей сообщения,  
г. Новосибирск, РФ)

Абраменков Э.А.

(д.т.н., профессор, кафедра «Строительные машины и автоматика и электротехника» ФГБОУ ВО Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, г. Новосибирск, РФ)

Савинкин В.В.

(доцент, к.т.н., заведующий кафедрой «Транспорт и машиностроение»  
РГП ПХВ СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск, РК)

Аңдатпа

Бұл мақалада соққының әсері пневматикалық машинаның негізгі геометриялық өлшемдеріне энергетикалық параметрлердің әсері қарастырылады.

Аннотация

В данной статье рассматривается влияние энергетических параметров на основные геометрические размеры пневматической машины ударного действия.

Abstract

In this article influence of power parameters is examined on the basic geometrical sizes of pneumatic impactor.

Ключевые слова: энергия удара, частота ударов, давление воздуха, дроссельное распределение, золотник, клапан, пневмоударный механизм

В работах в порядке предложения приведены примеры использования методик описания и расчета используемые при оценки рабочих процессов дроссельных пневмоударных механизмов (ДПУМ) применительно к золотниковым (ЗПУМ) и клапанным (КПУМ) пневмоударным механизмам.

Поскольку каналы воздухораспределения в ЗПУМ и КПУМ являются по сути управляемыми дросселями, то представляет теоретический и практический интерес привести их рассмотрение с позиции ДПУМ. В начале рассмотрим декомпозиции в виде схем-блоков ДПУМ, ЗПУМ и КПУМ с целью установления общности их элементов и в целом композиций.

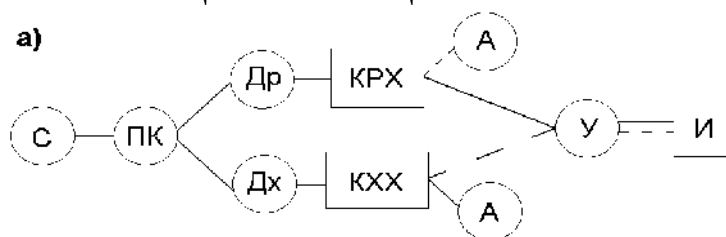


Рисунок 1.

На рисунках 1 приняты обозначения: С-сеть; ПК-предкамера; Др, Дх – дроссель постоянно открытого впуска в камеру рабочего хода (КРХ) и камеру холостого хода (КХХ); ВРЗ(к) – воздухораспределитель золотникового (з) или клапанного (к) типа; А-атмосфера; У – ударник; И- инструмент. Сплошная и пунктирная линии указывают на периодические чередования впуска и выпуска воздуха, взаимодействия между ударником и камерой, а так же взаимодействия между ударником и инструментом.

Существенное различие могут представлять элементы впуска воздуха в КРХ или КХХ в виде Др, Дх или ВРз и ВРк объединены корпусом, который на рисунке 1 не показан. Однако возможны варианты расположения упомянутых элементов за пределами корпуса [3]. Все каналы, соединяющие между собой названные воздухораспределительные элементы, включая КРХ и КХХ могут быть в первом приближении представлены в виде управляемых дросселей и рассматриваться как элементы пневмоники [4]. Влияние управления потоком воздуха (расходом) в каналах можно учесть применив для количественной оценки расхода воздуха расчет в виде «время-сечение» [5], при котором сечение фиксировано, а время учитывается долевым участием в зависимости от времени цикла при рабочем и холостом ходе ударника. Время «перекидки» распределителя, при этом задается функция соотношения сил от давления воздуха и рабочей площади золотника или клапана со стороны КРХ или КХХ. Время перекидки воздухораспределителя, учитывая его быстродействие [6] можно считать в первом приближении мгновенным. При данных ограничениях и допущениях рассмотрим зависимости работы золотника и клапана [7]. Принципиальная схема ЗПУМ в первом приближении представлена на рис. 2.

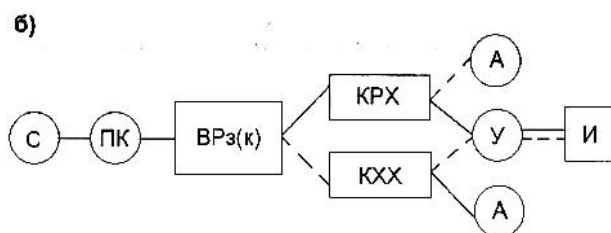


Рисунок 2.

Условия, накладываемые на геометрические параметры золотника (см. рис.

2) для перемещений  $p \leq x; x_p \leq x_x \leq x_3$ ; для объемов  $V_{\text{пр}} \leq V_{\text{вк}} \leq V_{\text{ж}} \leq p \leq V_{\text{ж}} \leq x; V_{\text{ю}} \leq V_{\text{ж}} \leq V_{\text{ш}}$  где  $p, x$  - изменение давления воздуха и давления воздуха и ход золотника в золотниковой коробке со стороны объемов камер золотника  $V_{\text{пр}}$  и  $V_{\text{вк}}$ ;  $V_{\text{ж}}, V_{\text{ш}}, V_{\text{ю}}$  - объемы камер соответственно, со стороны  $V_{\text{пр}}$  и  $V_{\text{ж}}$  равные объему хода золотника, штока с длиной  $x_3$ , равной ширине канала выпуска  $x_p$  и  $x_x$ , образующие объем кольцевого канала впуска в камеры рабочего и холостого ходов. Следует принимать  $p \leq x \leq 0$ , как ограничение хода золотника. С позиций бародинамики [8-10] желательно принимать минимальное значение  $V_{\text{ш}}$  удовлетворяющее прочностным качествам. Условия работы золотника при мгновенном (условно) открытии-закрытии каналов впуска:

$$w_{\text{пр}} \begin{cases} x_p \leq 0 \\ x_p \leq x_3 \end{cases} \begin{cases} w_{\text{пр}} \leq 0, \\ w_{\text{пр}} \leq \max w_{\text{пр}} \end{cases} \quad (1)$$

$$w_{\text{рх}} \begin{cases} x_x \leq 0 \\ x_x \leq x_3 \end{cases} \begin{cases} w_{\text{рх}} \leq 0, \\ w_{\text{рх}} \leq \max w_{\text{рх}} \end{cases} \quad (2)$$

где  $w_{\text{пр}}, w_{\text{рх}}$  - проходное сечение канала впуска в камеру рабочего и холостого хода ударника;  $x_p, x_x, x_3$  - величина хода золотника, соответственно при его рабочем, холостом и габаритном ходе с учетом равенства свободных перемещений:  $\lim p, \lim x \leq \min p, \min x$ .

Принципиальная схема КПУМ в первом приближении представлена на рис. 3.

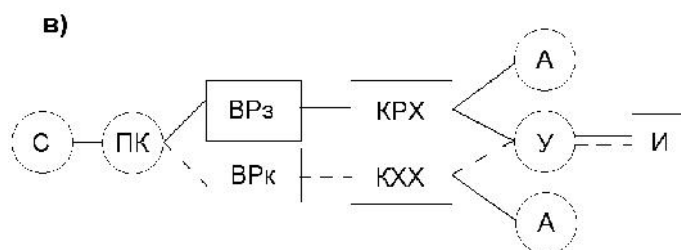


Рисунок 3.

Условия накладываемые на геометрические параметры клапана (см. рис. 3): для перемещений -  $x_k \leq h_k$ ; для объемов  $V_{\text{вк}} \leq V_{\text{пр}}; \lim V_0 \leq \min V_0$ , где  $x_k, h_k$  - величина перемещения и высота (толщина) клапана;  $V_{\text{вк}}, V_{\text{пр}}$  - объемы камер,

занимаемые клапаном при холостом и рабочем ходе;  $V_0$ - кольцевой объем (зазор) между клапаном и стенками клапанной коробки.

Условия работы клапана при мгновенном (условно) открытии – закрытии клапанов впуска:

$$w_{\text{вп}} \begin{vmatrix} x_p & 0 \\ x_p & x_k \end{vmatrix} \begin{vmatrix} w_{\text{вп}} & 0, \\ w_{\text{вп}} & \max w_{\text{вп}} \end{vmatrix} \quad (3)$$

$$w_{\text{вх}} \begin{vmatrix} x_x & 0 \\ x_x & x_k \end{vmatrix} \begin{vmatrix} w_{\text{вх}} & 0, \\ w_{\text{вх}} & \max w_{\text{вх}} \end{vmatrix} \quad (4)$$

где  $w_{\text{вп}}$ ,  $w_{\text{вх}}$  - проходное сечение канала впуска в камеру рабочего и холостого хода ударника;  $x_p$ ,  $x_x$ ,  $x_k$ - величина хода клапана, соответственно при его рабочем, холостом и габаритном ходе, равном  $x_k$   $h_k$ , с учетом отсутствия сводных перемещений клапана.

В принципе можно рассматривать (в данной работе опускается) дополнительно варианты  $x_x$   $x_p$   $h_k$  и  $x_x$   $x_p$   $h_k$ , что будет связано с некоторым увеличением объемов  $V_{\text{вх}}$  и  $V_{\text{вп}}$  или их уменьшением, что в практических случаях возможно, например, для увеличения или уменьшения времени впуска.

Следующим этапом для выяснения зависимостей функционирования ЗПУМ и КПУМ является составление уравнений, описывающих (в рамках предложенных ограничений и допущений) их рабочий процесс. Для этого введем следующие обозначения для описания рабочего процесса физико-математической модели пневмоударного механизма:  $P_0$ ,  $P_a$ ,  $P_{\text{пк}}$ ,  $P_{\text{вп}}$ ,  $P_{\text{вх}}$ ,  $P_p$ ,  $P_x$ -соответственно давление воздуха в сети, атмосфере, предкамере, камерах воздухораспределителей со стороны рабочего и холостого ходов, камерах рабочего и холостого ходов;  $w_{\text{пк}}$ ,  $w_{\text{вп}}$ ,  $w_{\text{вх}}$ ,  $w_p$ ,  $w_x$ - соответственно проходные сечения каналов впуска в предкамеру, камеры воздухораспределителя со стороны камер рабочего и холостого ходов;  $p_p$ ,  $p_x$ - проходное сечение каналов выпуска из камер рабочего и холостого ходов;  $\mu_{\text{пк}}$ ,  $\mu_{\text{вп}}$ ,  $\mu_{\text{вх}}$ ,  $\mu_p$ ,  $\mu_x$  - коэффициенты бародинамических функций каналов впуска в предкамеру, камеры воздухораспределителя со стороны камер рабочего и холостого ходов, камеры рабочего и холостого ходов;  $\mu_p$ ,  $\mu_x$ - коэффициенты бародинамических функций каналов выпуска камеры рабочего и холостого ходов;  $V_{\text{пк}}$ ,  $V_p$ ,  $V_x$ ,  $V_{\text{вп}}$ ,  $V_{\text{вх}}$ - соответственно объемы предкамеры, камер рабочего и холостого хода, воздухораспределителя со стороны камер  $V_p$ ,  $V_x$ ;  $x_y$ ,  $S_y$ ,  $m_y$ -соответственно величина хода, площадь диаметрального сечения и массы ударника;  $x_k$ ,  $S_k$ ,  $m_k$ -соответственно, величина хода, площадь диаметрального сечения и масса воздухораспределителя;

$$W = 2kR / (k-1) \cdot \frac{1}{2}, \quad (5)$$

$k$  - показатель процесса  $k=(1,1...1,3)$ ;  $R$  – газовая постоянная;  $t, dt$  - время и его производная;  $k_p, k_{up}, k_k$  - коэффициенты отскока соответственно воздухораспределителя от посадочного седла коробки, ударника от хвостовика инструмента, корпуса от буртика инструмента;

$$w_x = \frac{w_{вк}}{v_k}; w_p = \frac{w_{вп}}{v_p}, \quad (6)$$

$w_{вк}, w_{вп}$  - коэффициенты расхода канала впуска в камеру холостого и рабочего хода.

Система бародинамических уравнений (7), уравнение движения ударника и распределителя (8) описывающая в первом приближении динамику ПУМ однопоршневой машины с подвижным воздухораспределителем (золотником или клапаном) без учета изменения температуры, утечек, перетечек воздуха в камерах и каналах имеют следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dp_k}{dt} = \frac{k}{V_k} W_{пк} \tilde{p}_к \tilde{p}_к - v_k v_k; \\ \frac{dp_{вк}}{dt} = \frac{k}{V_{вк} x_{сп}} W_{вк} \tilde{p}_к \tilde{p}_к - p_{вк} \frac{dx_p}{dt} S_p; \\ \frac{dp_{вп}}{dt} = \frac{k}{V_{вп} x_{сп}} W_{вп} \tilde{p}_к \tilde{p}_к - p_{вп} \frac{dx_p}{dt} S_p; \\ \frac{dp_x}{dt} = \frac{k}{V_x x_{sy}} W_x \tilde{p}_к \tilde{p}_к - p_x \frac{dx_y}{dt} S_y; \\ \frac{dp_p}{dt} = \frac{k}{V_p x_{sy}} W_p \tilde{p}_к \tilde{p}_к - p_p \frac{dx_y}{dt} S_y; \\ \frac{d^2 x_p}{dt^2} = \frac{S_p p_{вк} - p_{вп}}{m_p} \text{ при } x_p = 0; \\ \frac{dx_p}{dt} = 0 \quad k_{пв} \frac{dx_p}{dt} \text{ при } x_p = 0; \\ \frac{d^2 x_y}{dt^2} = \frac{S_y p_x - p_p}{m_y} \text{ при } x_y = 0; \\ \frac{dx_y}{dt} = 0 \quad k_y \frac{dx_y}{dt} \text{ при } x_y = 0; \\ \frac{d^2 x_k}{dt^2} = \frac{S_y p_x - p_{вк} - F_H}{m_k} \text{ при } x_k = 0; \\ \frac{dx_k}{dt} = 0 \quad k_k \frac{dx_k}{dt} \text{ при } x_k = 0. \end{array} \right. \quad (7)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dp_k}{dt} = \frac{k}{V_k} W_{пк} \tilde{p}_к \tilde{p}_к - v_k v_k; \\ \frac{dp_{вк}}{dt} = \frac{k}{V_{вк} x_{сп}} W_{вк} \tilde{p}_к \tilde{p}_к - p_{вк} \frac{dx_p}{dt} S_p; \\ \frac{dp_{вп}}{dt} = \frac{k}{V_{вп} x_{сп}} W_{вп} \tilde{p}_к \tilde{p}_к - p_{вп} \frac{dx_p}{dt} S_p; \\ \frac{dp_x}{dt} = \frac{k}{V_x x_{sy}} W_x \tilde{p}_к \tilde{p}_к - p_x \frac{dx_y}{dt} S_y; \\ \frac{dp_p}{dt} = \frac{k}{V_p x_{sy}} W_p \tilde{p}_к \tilde{p}_к - p_p \frac{dx_y}{dt} S_y; \\ \frac{d^2 x_p}{dt^2} = \frac{S_p p_{вк} - p_{вп}}{m_p} \text{ при } x_p = 0; \\ \frac{dx_p}{dt} = 0 \quad k_{пв} \frac{dx_p}{dt} \text{ при } x_p = 0; \\ \frac{d^2 x_y}{dt^2} = \frac{S_y p_x - p_p}{m_y} \text{ при } x_y = 0; \\ \frac{dx_y}{dt} = 0 \quad k_y \frac{dx_y}{dt} \text{ при } x_y = 0; \\ \frac{d^2 x_k}{dt^2} = \frac{S_y p_x - p_{вк} - F_H}{m_k} \text{ при } x_k = 0; \\ \frac{dx_k}{dt} = 0 \quad k_k \frac{dx_k}{dt} \text{ при } x_k = 0. \end{array} \right. \quad (8)$$



Отметим, что ограничения для  $p_x$  и  $p_y$  записываются аналогично, широко известным, принимаемым, например в [11].

Координаты для положений золотника или клапана будут зависеть от их конструктивного исполнения. Для исполнений представленных на рисунках 2, 3 ограничения описываются (1) – (4).

Влияние энергетических параметров на основные геометрические размеры пневматической машины ударного действия с переменным объемом рабочих камер с дроссельным воздухораспределением.

Ожидаемые величины геометрических параметров определяются с применением методики расчета ДПУМ.

Заданы следующие параметры ДПУМ:  $A_y$  - энергия единичного, Дж;  $i$  - частота ударов, Гц;  $v$  - скорость ударника, м/с;  $p_0$  – давление воздуха в сети, МПа.

Зависимость площади ударника от энергии, частоты, скорости ударника при различных давлениях сетевого воздуха подсчитываются по (9) на основании [1, 2].

$$S_y = \frac{10,6 \cdot i \cdot A_y}{v \cdot p_0} \quad (9)$$

В данной работе зависимости по (9) не приводятся в связи с очевидностью .....

Так, рассмотрим зависимость площади ударника от энергии удара при различном давлении в сети сжатого воздуха (рисунок 4).

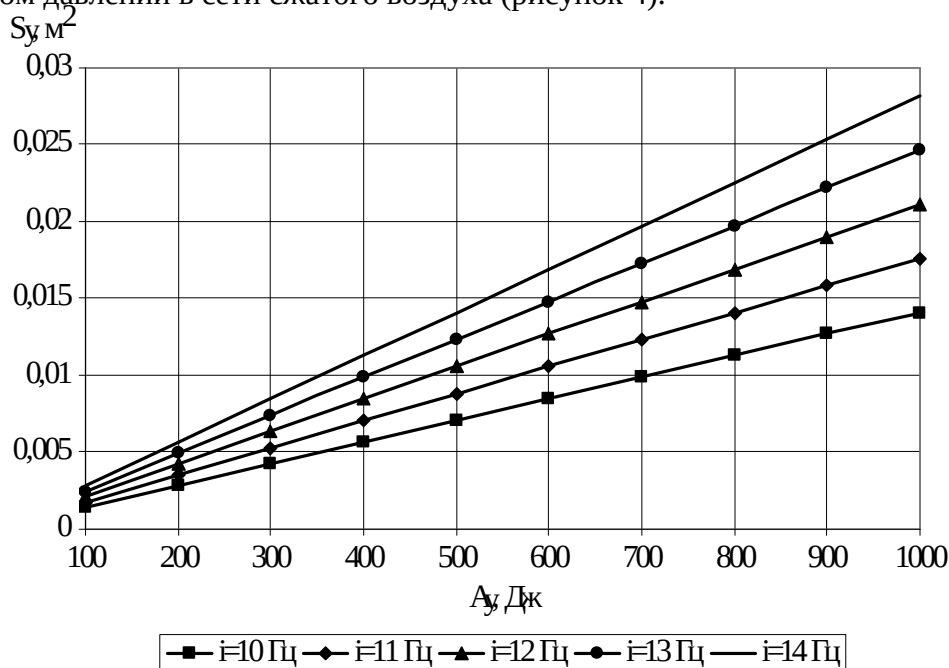


Рисунок 4.

Как видно из рисунка 4 при изменении энергии удара для увеличения частоты ударов необходимо увеличить площадь диаметрального сечения ударника.

Отметим, что требуемая площадь ударника будет увеличиваться при понижении сетевого давления воздуха и скорости ударника при неизменной частоте.

Исследование влияния энергетических параметров на объем камеры рабочего хода будет проводиться по формуле:

$$V_p = \frac{6,67 A_y}{p_0}. \quad (10)$$

Зависимость объема камеры рабочего хода от энергии удара при различном давлении сж  $V_p, м^3$  духа в сети представлена на рисунке 5.

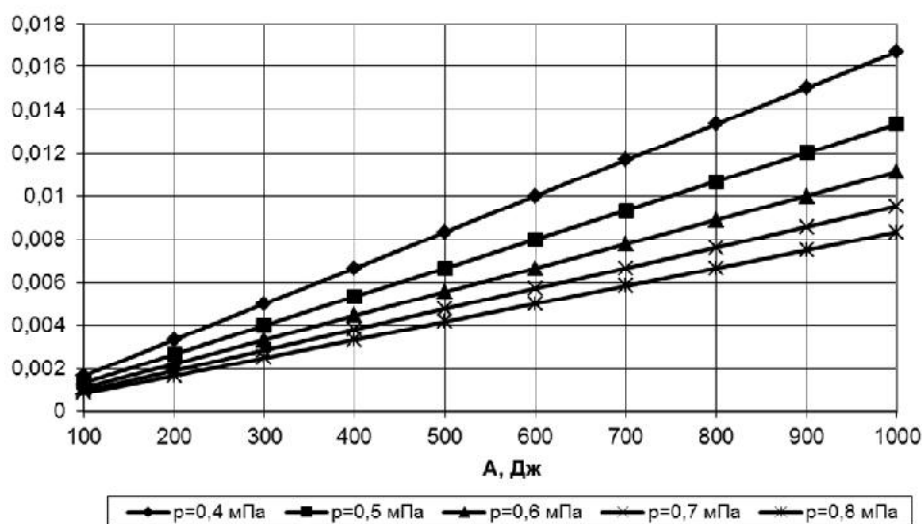


Рисунок 5.

Как следует из представленной графической зависимости при увеличении энергии удара необходимо увеличить объем камеры рабочего хода. Это обусловлено тем, что для обеспечения необходимых энергетических параметров на заданном уровне необходим больший объем воздуха для передачи большего импульса ударнику со стороны камеры рабочего хода. При увеличении давления воздуха требуемый объем камеры будет уменьшаться, так как большее давление будет обеспечивать больший импульс ударнику.

Площади дросселя камеры рабочего хода от энергии удара, частоты и давления воздуха определяется по формуле:

$$p = \frac{0,017i A_y}{p_0}. \quad (11)$$

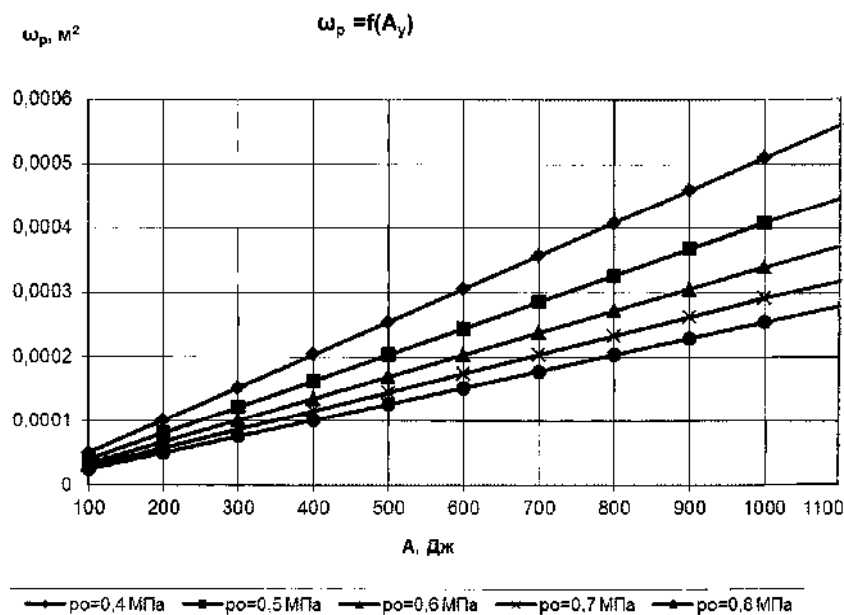


Рисунок 6.

Графическая зависимость  $\omega_p$  от  $A$  и  $p_0$  представлена на рисунке 6 из которой следует, что увеличение энергии удара влечет за собой увеличение требуемой площади дросселя рабочего хода, так как требуется более интенсивного заполнения воздухом камеры рабочего хода. Однако при фиксированном значении энергии удара, требуемая площадь дросселя будет уменьшаться при увеличении давления, так как заполнение камеры через одинаковые проходные сечения дросселей будет более интенсивным.

Площади дросселя камеры холостого хода от давления воздуха в сети определяется по формуле:

$$x = \frac{\alpha_{\text{дц}} A_y}{\rho_{\text{дц}}} \quad (12)$$

где  $\alpha_{\text{дц}} = 4,5$ ,  $\lambda_{\text{дц}} = 7$  или по зависимости

$$x = 0,64 \cdot p \quad (13)$$

Иллюстрации графических зависимостей (12) или (13) аналогичны представленным на рисунке 6. Координата начала выпуска из камеры холостого хода от энергии удара и давления воздуха определяется по формуле:

$$H_x = \frac{A_y}{p_0 S}. \quad (14)$$

Графические зависимости (14) представлены на рисунке 7, из которых следует, что при постоянном давлении и увеличении энергии удара увеличивается и координата выпускного отверстия камеры холостого хода. Это обусловлено

необходимостью увеличить перемещения ударника, что достигается за счет увеличения времени действия импульса давления воздуха на ударник со стороны камеры холостого хода. Как видно из рисунка 7, при увеличении давления воздуха требуется меньшая длина камеры холостого хода, так как большее давление создает повышенный импульс, позволяющий увеличить перемещение на расчетную величину за более короткое время.

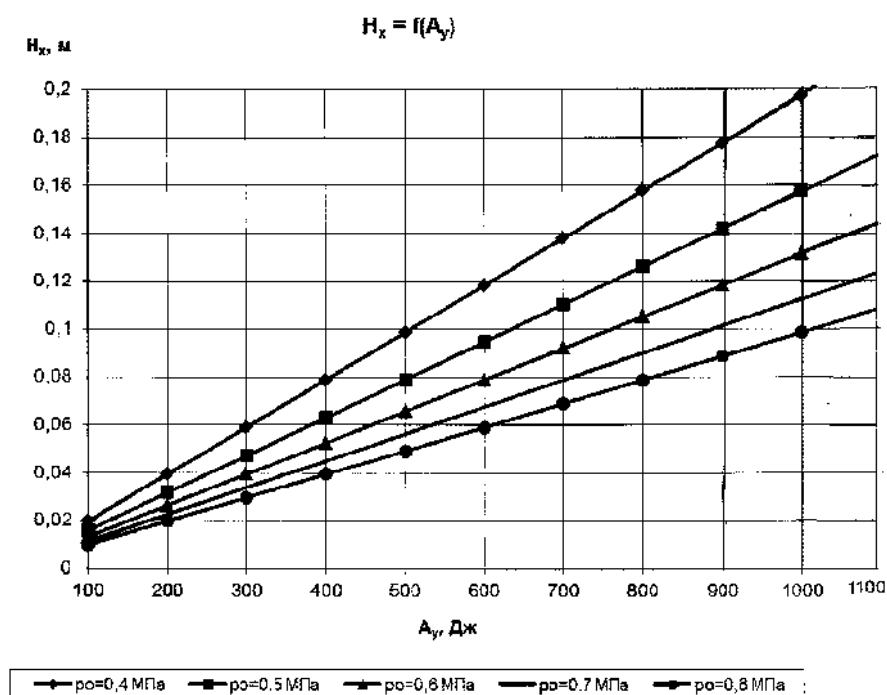


Рисунок 7.

Графические зависимости (14) для координат начала выпуска воздуха из камеры рабочего хода от скорости ударника и ударов представлена на рисунке 8.

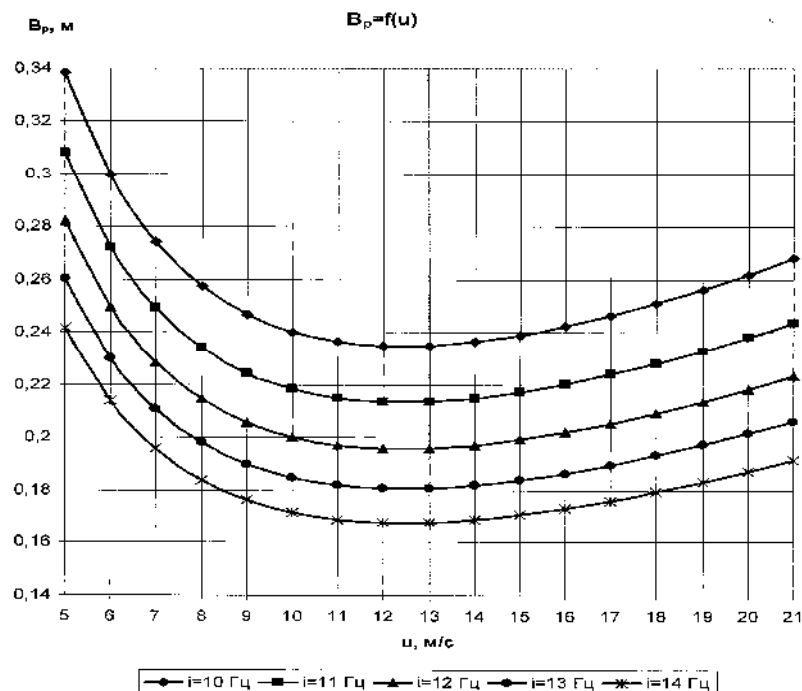


Рисунок 8.

Для инженерных целей определение координат выпуска воздуха из камеры рабочего хода можно применять формулу:

$$V_p = \frac{b_{\text{ррц}} V_p}{S_y}, \quad (15)$$

где  $b_{\text{ррц}} = 0,15$ .

Тенденции изменения  $V_{\text{рот}}$  и  $i$  видны из рисунка 8.

#### Выводы:

1. Установлены влияния энергетических параметров на основные геометрические размеры пневматической машины ударного действия с переменным объемом рабочих камер с дроссельным воздухораспределением.
2. Имеющаяся информация по ДПУМ, ЗПУМ, КПУМ позволяет произвести расчет рабочих процессов указанных ПУМ на любые приемлемые энергетические параметры.

#### Литература:

1. Абраменков Э.А. Создание ручных пневматических машин ударного действия с дроссельным воздухораспределением./ Автореф. докт. дисс.- Новосибирск: 1989.-48с.
2. Абраменков Д.Э. Методология, теория, разработка и создание дроссельных пневмоударных механизмов и типоразмерного ряда строительных ручных машин/ Автореф. докт. дисс.- Новосибирск: 2004.-36с.

3. Абраменков Э.А. Пневматические механизмы машин ударного действия. / Э.А. Абраменков, Д.Э. Абраменков. - Новосибирск: Изд. НГУ. 1993.-430с.
4. Залманзон Л.А. Теория элементов пневмоники. /Л.А. Залманзон – М.: Изд. Наука, Гл. ред.ф.-м. литературы, 1969. – 508с.
5. Мамонтов М.А. Некоторые случаи течения газа по трубам, насадкам и проточным сосудам. - М.: Оборонгиз, 1951. - 490 с.
6. Суднишников Б.В., Есин Н.Н., Тупицин К.К. Исследование и конструирование пневматических машин ударного действия. - Новосибирск: Наука, 1985.-134с.
7. Абраменков Д.Э. Необходимый и достаточный объем камеры рабочего хода пневмоударного механизма дроссельного типа. /Ю.Э. Мальшева, Д.Э. Абраменков, Г.А. Мазалов, Э.А. Абраменков. Труды НГАСУ. - Новосибирск: НГАСУ, 2005. -Т.8, № 1(31).-С. 5-13.
8. Абраменков Д.Э., Абраменков Д.Э. Закономерности контактов рабочего тела в баро- и термодинамическом процессе пневматического механизма машины ударного действия. Труды НГАСУ.- Новосибирск: НГАСУ. 2001.-Вып. 4 (15)- С. 185-196.
9. Абраменков Д.Э., Абраменков Э.А., Виговская Т.Ю., Шабанов Р.Ш. Характерные бародинамические процессы пневматических машин ударного действия/Труды НГАСУ.- Новосибирск: НГАСУ. 2000.-Вып.1 (8).- С. 57-68.
10. Абраменков Д.Э. О бародинамическом и термодинамическом КПД дроссельного пневмоударного механизма /Д.Э. Абраменков, Э.А. Абраменков. Труды НГАСУ т. 10, №3 (41). - Новосибирск: НГАСУ, 2007. -С. 6-14.
11. Абраменков Д.Э. Пневматический механизм ударного действия дроссельного типа с буферным циклом и форсажем камеры рабочего хода. /Д.Э. Абраменков, Э.А. Абраменков, А.С. Дедов // Изв. Вузов. Строительство. 2006.№10. – С.58-66.

УДК 681.518.5

## ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Адилъбеков А.Е.

(магистрант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск)

Кошекков К.Т.

(профессор, д.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск)

### Аңдатпа

Мақалада қондырғы сораптарының және сорап қондырғыларының дірілдік диагностикасы қарастырылады, сонымен қатар олардың ақауларының белгілері мен себептері көрсетіліп, диагностика көрсеткіштері айықталған.

### Аннотация

В статье рассматривается вибрационная диагностика насосов и насосного оборудования, параметры диагностики, а также основные причины и признаки неисправности оборудования.

### Abstract

The article considers vibrational diagnostics of pumps and pumping equipment, diagnostics parameters and the main reasons and fault symptoms of equipment.

Почти во всех отраслях, связанных с жидкостями или газами, используются различного рода насосы и насосное оборудование.