

НОВОЖИЛОВ ГРИГОРИЙ ГЕННАДЬЕВИЧ

**Разработка демпфирующего тормозного устройства клапана  
затворов обратных DN 1000-2000, работающего в жидких  
технологических средах.**

Специальность 6N0712 – Машиностроение

Автореферат

диссертации на соискание академической степени магистра

Работа выполнена в Восточно-Казахстанском государственном техническом университете им. Д.Серикбаева и АО «Усть-Каменогорский арматурный завод»

Научный руководитель: профессор, кандидат технических наук  
Бицоев Г.Д.

Производственный консультант: начальник КБ ОГК АО «УКАЗ»  
Пак В.П.

Официальный оппонент: доцент, кандидат технических наук:  
Шеров К.Т.

Ведущая организация: Восточно-Казахстанский Государственный технический университет им. Д. Серикбаева

Защита состоится «23» июня 2010 года в 10.00 часов на заседании государственной аттестационной комиссии при Восточно-Казахстанский Государственный Технический Университет им. Д. Серикбаева по адресу: 070012, г. Усть-Каменогорск, ул. Держинского 7/1, 5-2. т.р. 8-7232-53-65-95.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВКГТУ им. Д. Серикбаева.

Технический секретарь ГАК

Капаева С.Д.

## РЕФЕРАТ

**Диссертация состоит** из введения, четырех разделов, заключения, приложения, графической части, изложенная на 62 страницах и содержит: 14 рисунков, 5 таблиц, список литературы из 6 наименований.

**Ключевые слова:** затвор обратный, демпфирующее устройство, демпфер, гидротормоз, клапан обратный, обратный поток среды, эффективность демпфирования, кольцевой зазор, дросселирующий зазор, демпфирующая жидкость, время демпфирования, обратная арматура.

**Актуальность исследования** заключается в улучшении конструкции гидротормоза затвора обратного. Решение данной задачи является актуальной проблемой для арматуростроения на сегодняшний день.

**Цель исследования.** Повышение эксплуатационных характеристик затворов обратных.

**Объект исследования.** Обратная арматура в арматуростроении.

**Научная значимость исследований.** Проведены комплексные теоретические и практические исследования по разработке конструкции демпфирующего устройства работающего в жидких технологических средах.

**Практическая значимость работы:**

- решена научно-техническая проблема по уменьшению ударных нагрузок в затворе при действии обратного потока рабочей среды;
- возможность использования затвора с демпфирующим устройством на нефтеперекачивающих станциях и линейных участках трубопроводов;
- использование подобных затворов дает: уменьшение ударных нагрузок как на сам затвор, так и на трубопровод нефтепровода.

**Сведения о публикациях.** По теме диссертации опубликована 1 статья.

## ВВЕДЕНИЕ

Клапаны (затворы) обратные предназначены для предотвращения образования обратного потока среды. В них запорный орган открывается прямым потоком среды, а закрывается обратным потоком. Бывают подъемные и поворотные разновидности обратных клапанов. Подъемные имеют диск, совершающий возвратно поступательные движения. Поворотные имеют затвор, который поворачивается вокруг горизонтальной оси, расположенной выше центра седла клапана.

По направлению трубопровода обратные клапаны бывают горизонтальные и вертикальные. Подъемные клапаны имеют следующие конструктивные разновидности: с перепуском, без груза, с грузом, с пружиной, с сеткой-приемником. Поворотные клапаны (их называют также обратными дисковыми затворами) бывают: с перепуском рабочей среды, без груза, с грузом на рычаге или диске, с поршневым демпфером, с лопастным демпфером.

Приемные клапаны – это обратные клапаны, имеющие сетку и предназначенные для установки в начале всасывающего трубопровода.

Невозвратно-запорные представляют собой обратные клапаны, в которых помимо автоматического возможно и принудительное закрытие затвора, а невозвратно-управляемые - обратные клапаны, в которых возможно принудительное закрытие и открытие затвора.

Обратные дисковые затворы предназначены для предотвращения обратного потока среды. Затворы с большим диаметром оснащены демпферами (гидротормозами) во избежание гидравлического удара.

## АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Перепады давления и сопровождающие их удары запорного органа становятся причиной разрушения трубопроводов, арматуры, поломки насосов или других нарушений нормальной работы насосных установок. Таким образом, снижение опасности гидравлических ударов позволяет повысить надежность и эффективность работы нефтеперекачивающих станций и магистралей, что в более широком плане, повысит их конкурентоспособность и экологическую безопасность.

В то же время проблема защиты от гидравлического удара во многих случаях решается неэкономично, путем повышения запаса прочности труб. Сказанное в значительной мере объясняется несовершенной конструкцией устройств, предложенных для защиты трубопроводов от колебаний давления. В данном затворе используется демпфирующее устройство, обеспечивающее безударное закрытие запорного органа, что способствует уменьшению нагрузки на сварное соединение затвор – трубопровод.

## ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ

Цель – это безопасность системы разделения потоков на нефтеперекачивающих станциях и линейных участках нефтепроводов, за счет повышения эксплуатационных характеристик затворов обратных.

Данная цель может быть достигнута путем решения следующих задач:

- Анализ и выбор наиболее эффективных средств защиты от колебаний давления;
- Создание программы (методики) силового расчета работы демпфирующего устройства при разных перепадах давления;
- Разработка конструкции демпфирующего устройства для затвора обратного при данном режиме работы.

## МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ

Комплексный, включающий анализ и научное обобщение научно-технической информации, математическое моделирование, опытно-промышленную проверку и внедрение рекомендаций в производство.

### 1. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ДЕМПФИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЗАТВОРОВ ОБРАТНЫХ

На ОАО «Калужский турбинный завод» производятся клапаны обратные поворотные DN 300...1000 мм, PN 7,5...8,0 МПа с гидравлическим поворотным демпфирующим устройством (ГПДУ). ГПДУ обеспечивает безударное открытие – закрытие и гашение колебаний затворов обратных поворотных клапанов. В качестве рабочей среды ГПДУ используется автожидкость охлаждающая «Тосол». Время закрытия затворов обратных поворотных клапанов настраивается в ГПДУ в пределах от 20 до 114 с. Клапан обратный поворотный DN 400, PN 80 с ГПДУ производства ОАО «КТЗ» испытан в заводских условиях на циклику «открыт – закрыт» и выдержал 4500 циклов при температуре прокачиваемой среды 15 – 20 °С и 1000 циклов при температуре 100 °С.

Данная конструкция клапана имеет несколько минусов, это:

1. Наружное расположение демпфирующего устройства, что не дает возможности в связи с экологическими нормами его подземной установки;
2. Использование демпфирующего устройства лопастного типа, менее надежно поршневого.

На АО «УКАЗ» имеется обратный затвор другой конструкции. Демпфирующее устройство (ДУ) работает на технологической среде (нефти),

что является минусом, так как в ней могут содержаться механические включения, которые могут способствовать заклиниванию ДУ и потери работоспособности затвора.

В качестве прототипа для конструирования своего демпфирующего устройства, я выбрал конструкцию демпфера, применяемую на АО «УКАЗ».

## 2. ВЫБОР ДЕМПФИРУЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ

В качестве демпфирующей жидкости я выбрал полиметилсилоксановую жидкость марки МПС-500 по ГОСТ 13032-77. В соответствии с ГОСТ 13032-77 жидкость ПМС-500 может использоваться в температурных режимах от -60 °С до +200 °С.

## 3. РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕМПФИРОВАНИЯ

Задачей расчета эффективности демпфирования является определение времени демпфирования, при приложении определенных усилий на шток демпфера.

### 3.2 Концепция расчетов

При расчете учитываются основные силовые факторы, конструктивные особенности демпфера и характеристики рабочей среды.

### 3.3 Определение усилия на штоке демпфера

Усилие на штоке демпфера формируется из двух основных сил действующих в затворе:

- Усилие, возникающее на запорном органе при перепаде давления  $\Delta P$ ;
- Усилие, возникающее от собственного веса запорного органа.

Исходя из этого, можно определить усилие на штоке демпфера из уравнения моментов по формуле (1):

$$P_{ум} = \frac{F \cdot l + (G - P_a) \cdot l_1}{l_2} \quad (1)$$

где:

$F$  – сила обратного потока, Н;

$P_{ум}$  – усилие возникающее на штоке демпфера, Н;

$l$  – плечо силы обратного потока, м;

$l_1$  – плечо веса и силы выталкивания, м;

$l_2$  – плечо силы штока, м.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана расчетная схема по изучению силового нагружения предложенной перспективной конструкции демпфера.
2. Разработаны методики расчетов на базе современных подходов создания математических моделей.
3. Проведены аналитические исследования с обоснованием рациональных геометрических и кинематических параметров.
4. Спроектировано демпфирующее устройство.
5. Разработан алгоритм для ЭВМ, созданный на базе пакета прикладных программ «Microsoft Excel».

1 Новожилов Г.Г, Пак В.П. Разработка устройства демпфирующего устройства работающего в технологических средах для затворов обратных с условным проходом от 1000 до 2000 мм и рабочем перепаде давления среды 1,6 МПа // Материалы 10-й Республиканской студенческой научно-технической конференции «Студент и наука: творчество и перспективы»- Усть-Каменогорск, 2010г., 42-44с

UDK 621.646 (022)

On the rights of the manuscript

NOVOZHILOV GRIGORIY GENNADIYEVICH

**Development of the valve's damping braking device of swing check valves  
DN 1000-2000 operating in process fluid.**

Speciality 6N0712 – Mechanical engineering

Synopsis

of a thesis in candidacy for the degree of master

Ust-Kamenogorsk 2010

The work is executed in East Kazakhstan state technical university named for D. Serikbaev and «Ust-Kamenogorsk Valve Plant» JSC

Research instructor: Bicoev G.D., professor, candidate of Engineering Science

Production consultant: Pak V.P., Head of Design Bureau of Chief Designer's Department of "Ust-Kamenogorsk Valve Plant" JSC

Official opponent: Sherov K.T., docent, candidate of Engineering Science

Conducting organization: East Kazakhstan state technical university named for D. Serikbaev

The defense takes place on "23" 06.2010 in 10 o'clock.

It is possible to familiarize with the thesis in the library of East Kazakhstan state technical university named for D. Serikbaev

The synopsis is sent out on "" 05.2010

## INTRODUCTION

Check valves (swing check valves) is designed for the formation prevention of the medium back-flow. In these valves the stop body is opened by the straight flow of the medium and closed by the back-flow. There are lift and swinging forms of the check valves. Lift check valves have a disc, which performs end-to-end motions (reciprocal motions). Swing check valves have a gate, which turns around the horizontal axis; this axis is situated above the center of the valve seat.

There are horizontal and vertical check valves (by the pipeline direction). Lift valves have the following design forms: with by-pass, without load, with load, with a spring, with a strainer. Swing valves (also called as butterfly valves) have the following design forms: with by-pass of the actuating medium, without load, with load on the lever or disc, with piston damper, with bladed damper.

Intake valves – it is check valves, which has a strainer and designed for installation at the beginning of admitting pipeline.

Non-return-stop valves – it is a check valves, in which positive closing of the valve along with automatic closing is possible; non-return-operated valves – it is a check valves, in which positive closing and opening of the valve is possible.

Disc swing check valves are designed for the prevention of the medium back-flow. To avoid hydraulic impact, gates with the major diameter are equipped with the dampers (hydraulic brakes).

## ACTUALITY OF WORK

Pressure differentials and impacts of stop body, which are accompanies them, becomes a cause of pipelines and valves destruction, as well as pumps breakage and the other irregularities of normal operation of pumping units. Thus, the decreasing of hazard of hydraulic impacts allows to increase the reliability and operation effectiveness of the oil pumping stations and trunk-lines, which in a more comprehensive sense contributes to its competitive recovery and environmental safety.

At the same time, in many cases, a problem of protection against hydraulic impact is solved not economically, by means of increasing of pipes safety factor. The abovementioned information is explained by the imperfect design of devices, which are proposed for the pipelines protection against pressure fluctuation. The damping device is used in this gate; this damping device provides non-impact

closing of stop body that contributes to decreasing of load on weld joint of the valve with pipeline.

## OBJECT AND GOALS

Object – to increase operating safety of swing check valves in the stream splitting system at oil pumping stations and linear sections of oil pipelines.

This object can be achieved by solving of the following goals:

- to analyze and select the most effective means of protection against pressure fluctuation;
- to create a program of work's power calculation of damping device during the various pressure differentials;
- to develop a design of damping device for the swing check valve according to the selected mode of operation and to show its effectiveness.

## RESEARCH METHOD

The research method is integrated that includes analysis and scientific generalization of the scientific and technical information, mathematical modeling, experimental and industrial control and manufacturing application of recommendations.

### 1. COMPARATIVE ANALYSIS OF DAMPING DEVICES DESIGN OF SWING CHECK VALVES

Swing check valves DN 300...1000 mm, PN 7,5...8,0 MPa with hydraulic swinging damping devices are produced at «Kaluga Turbine Works» OJSC. Hydraulic swinging damping device provides non-impact opening-closing and oscillation damping of the gates of swing check valves. Cooling auto-liquid «Tosol» is used in the quality of actuating medium of Hydraulic swinging damping device. Time of closing of the gates of swing check valves is adjusted in Hydraulic swinging damping device within the range from 20 up to 114 sec. Swing check valve DN 400, PN 80 with Hydraulic swinging damping device produced by «Kaluga Turbine Works» OJSC is tested in the plant conditions for the cycle «opened – closed» and withstand 4500 cycles at the temperature of pumped down medium 15 – 20°C and 1000 cycles at the temperature of 100°C.

This design of the valve have some negative moments, there are:

1. Outside location of the damping device, that doesn't give an opportunity of its subsurface installation in connection with ecological standards;

2. The use of the bladed type of damping device is less securely than piston type.

Swing check valve of another design is available at the «Ust-Kamenogorsk Valve Plant» JSC. Damping device works on the process fluid (oil); this is the negative sign, because it may include the mechanical impurities, which may contribute to jamming of damping device and performance degeneration of the gate.

In the quality of prototype for the design engineering of my own damping device, I have chosen the design of damper, which is used at «Ust-Kamenogorsk Valve Plant» JSC.

## 2. SELECTION OF DAMPING FLUID

In the quality of damping fluid I have chosen polymethylsiloxane fluid of МПС-500 trademark according to GOST 13032-77. In accordance with GOST 13032-77 the fluid ПМС-500 can be used at the temperature conditions from – 60 °C up to +200 °C.

## 3. CALCULATION OF DAMPENING EFFICIENCY

Time determination of dampening during the application of special efforts on the damper stem – it is a goal of dampening efficiency calculation.

### 3.2 Concept of calculations

The main force factors, design features of the damper and actuating medium characteristics are considered during the calculation.

### 3.3 Determination of the effort, which is applied on the damper stem

Effort on the damper stem is formed from two main forces, which are applied in the gate:

- Effort arising at the stop body during the pressure differential  $\Delta P$ ;
- Effort arising from empty weight (own weight) of the stop body.

On the basis of this, it is possible to determine effort on the damper stem from the moment equation by the formula (1):

$$P_{um} = \frac{F \cdot l + (G - P_a) \cdot l_1}{l_2} \quad (1)$$

where:

$F$  – back-flow force, H;

$P_{um}$  – effort arising at the stem of damper, H;

$l$  – back-flow arm of force, m;

$l_1$  – arm of weight and buoyant force, m;

$l_2$  – stem arm of force, m;

## CONCLUSION

1. The calculation model concerning research of power loading of the suggested long-range design of damper has been developed.
2. On the basis of modern approaches of mathematical models creation have been developed calculations methods.
3. Analytical researches with substantiation of rational geometrical and traveltime parameters have been conducted.
4. Damping device has been designed.
5. On the basis of application program package «Microsoft Excel» has been developed an algorithm for the computer.

УДК 621.646 (022)

қол жазба ретінде

НОВОЖИЛОВ ГРИГОРИЙ ГЕННАДЬЕВИЧ

**Сұйық технологиялық орталарда жұмыс істейтін, қайтармалы  
клапандардың DN 1000-2000 тежеуіш демпферлік құрылғының  
әзірленуі.**

Мамандығы 6N0712 – Машинажасау

Диссертацияның магистрлік дәрежеге ізденуіне

Автореферат

Өскемен 2010

Жұмыс Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан Мемлекеттік техникалық университетінде және «Өскемен арматура зауыты»АҚ-да орындалды

Ғылыми жетекшісі: профессор, техникалық ғылымдарының кандидаты Бицоев Г.Д.

Өндірістік консультант: «ӨАЗ» АҚ БҚБ ҚБ бастығы

Пак В.П.

Ресми оппоненті: доцент, техникалық ғылымдарының кандидаты

Шеров К.Т.

Жетекші ұйым: Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан Мемлекеттік техникалық университеті

Қорғау « 23 » 06.2010 ж. сағат 10-да өтеді

Диссертациямен Д. Серікбаев атындағы ШҚМТУ-нің кітапханасында танысуға болады.

Автореферат « » 05.2009 ж. жіберілді

## РЕФЕРАТ

### КІРІСПЕ

Қайтармалы клапандар (бекітпелер) орта ағымының пайда болуын болдырмау үшін арналған. Олардың ішінде бекітпе органы ортаның тік ағымымен ашылады, кері ағымымен жабылады. Қайтармалы клапандардың көтермелі және бұрылу түрлері болады. Көтермелі клапандардың қайтармалы түсетін қозғалыстарды жасайтын дискі бар. Бұрылу түрі клапан ершігінің ортасынан жоғары орналасқан көлбеу өсінің айналасында айланатын бекітпе бар.

Құбыржолдың бағыты бойынша қайтармалы клапандар тік және көлбеу болады. Көтермелі клапандардың келесі сындарлы түрлері болады: қайтажіберумен, жүксіз, жүкпен, серіппемен, қабылдағыш-тормен. Бұрылу клапандар (оларды қайтармалы дискілі бекітпелер деп те атайды) келесідей болады: жұмыстық ортаның қайта жіберумен, жүксіз, иіңтіректе немесе дискіде жүкпен, поршенді демпфермен, қалақты демпфермен.

Қабылдағыш клапандар – бұл, торы бар және сорғыш құбыржолдың басында қондыру үшін арналған қайтармалы клапандар.

Қайтымсыз-бекітпелілерде қайтармалы бекітпенің автоматты жабылуынан мәжбүрлеп жабылуы мүмкін, ал қайтымсыз-басқарылатындар-бекітпенің мәжбүрлеп жабылуы және ашылуы мүмкін қайтармалы клапандар.

Қайтармалы дискілі бекітпелер ортаның кері ағымын болдырмау үшін арналған. Үлкен диаметрлі дискілер гидравликалық соққыны болмау үшін демпфрлермен (гидротежеуіштермен) жабдықталған.

### ЖҰМЫСТЫҢ ӨЗЕКТІЛІГІ

Қысымның ауытқулары және оларды жетектейтін бекітпе органның соғулары құбыржолдардың, арматураның бұзуының, сорғыштың бұзуларын және сорғыш қондырғылардың қалыпты жұмыстың басқа бұзуларының себебі болады. Сонда, гидравликалық соғулардың қауіптілігін төмендетуі мұнай-айдағыш станциялардың және магистральдарының жұмыс тиімділігін және сенімділігін көтеруді, ол олардың бәсекеге қабілеттілігін арттыруды және экологиялық қауіпсіздігін арттырады.

Сол уақытта да гидравликалық соғудан қорғау мәселесі көп жағдайларда үнемсіз, құбырлардың беріктігін жоғарылату жолымен шешіледі. Айтылғаны

құрылғылардың құбыржолдарды қысымның тербелістерінен қорғауға ұсынылған орындалмаған құрылымымен анықтап беріледі. Осы бекітпеде бекітпе органның соғусыз жабуын қамтамасыз ететін тозушылық құрылғы пайдаланылады, бұл бекітпе-құбыржол дәнекерлеу қосылысына жүктеменін азаюына әкеліп соқтырады.

## МАҚСАТЫ МЕН МІНДЕТТЕРІ

Мақсаты – қайтармалы бекітпелердің мұнай-айдағыш станцияларында, сондай-ақ мұнайжолдардың сызықтық учаскелерінің ағындардың бөлу жүйесінде пайдалану қауіпсіздігін жоғарылатуы.

Осы мақсат келесі міндеттерін шешу жолымен жету мүмкін:

- қысым тербелістерінен ең тиімді қорғау құралдарын талдау және таңдау;
- тозушылық құрылғының қысымның түрлі ауытқуларында күш есебі бағдарламасын әзірлеу;
- тозушылық құрылғының құрылымын қайтармалы бекітпе үшін таңдалған жұмыс режимінде әзірлеу және оның тиімділігін көрсету.

## ЗЕРТТЕУ ӘДІСІ

Ғылыми-техникалық мәліметтің ғылыми қорытындылауды және талдауды, математикалық үлгілеуді, тәжірибелі-өнеркәсіптік тексеру және ұсыныстарды өндіріске енгізуді қамтитын, кешендік.

### 1. ҚАЙТАРМАЛЫ БЕКІТПЕЛЕРДІҢ ДЕМПФЕРЛІК ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫҢ САЛОЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУЫ

«Калуга турбиналық зауыты» ААҚ-да бұрылатын гидравликалық демпферлік құрылғымен (БГДҚ) қайтармалы бұрылатын клапандар DN 300...1000 мм, PN 7,5...8,0 МПа өндіріледі. БГДҚ соғусыз ашылу – жабылуды және қайтармалы бекітпелердің бұрылатын клапандардың тербелістердің тоқтатуын қамтамасыз етеді. БГДҚ жұмыстық ортасы ретінде «Тосол» салқындататын сұйықтық пайдаланылады. Қайтармалы бекітпелердің бұрылу клапандардың жабылу уақыты БГДҚ-да 20-дан 114 сек-қа дейін ретке келтіріледі. «КТЗ» шығарған БГДҚ-мен, бұрылу қайтармалы клапан DN 400, PN 80 зауыттық шарттарында «ашық-жабық» циклда сынақтан өтіп және үрленетін ортаның 15 – 20 °С температурада 4500 циклды және 100 °С температурада 1000 циклдарды шыдады.

Клапанның осы құрылымының бірнеше минуттары бар, олар:

3. Демпферлік құрылғының сыртқы орналасуы, оның жер астындағы қондырудың экологиялық нормалары үшін байланысу мүмкіндігіне жол бермейді;

4. Қалақша түрлі демпферлік құрылғының пайдалануы, поршенді түрінен сеімділігі кем.

«ӨАЗ» АҚ –да құрылымы басқа қайтармалы бекітпе бар. Демпферлік құрылғы (ДҚ) технологиялық ортада (мұнайда) жұмыс істейді, ол кемшілігі болып саналады, өйткені бұл ортада, ДҚ-ның сыналануына әкелуі мүмкін және бекітпенің жұмыс қабілеттілігінің жоғалуына әкелуі мүмкін механикалық қосылулары болуы мүмкін.

Өзімнің демпферлік құрылғының үлгісі ретінде құрастыру үшін мен «ӨАЗ» АҚ-да пайдаланылатын демпфердің құрылымын таңдадым.

## 2. ДЕМПФЕРЛІК СҰЙЫҚТЫҚТЫ ТАҢДАУ

Демпферлік сұйықтық ретінде мен ГОСТ 13032-77 бойынша МПС-500 полиметилсилоксанды сұйықты таңдадым. ПМС-500 Сұйықтығы ГОСТ 13032-77 сәйкес -60 °С-тан +200 °С дейін температуралық режимдерде қолданылуы мүмкін.

## 3. ДЕМПФЕРДІҢ ТИІМДІЛІГІНІҢ ЕСЕПТЕЛУІ

Демпфердің тиімділігін есептеу демпфердің айналдырығына белгілі күштерді жұмсау кезінде демпфердің ауқытын анықтау міндеті болып табылады.

### 3.2 Есептердің тұжырымдамасы

Есептеу кезінде негізгі күш факторлары, демпфердің сындарлы ерекшеліктері және жұмыстық ортаның сипаттамалары есептеледі.

### 3.3 Демпфердің айналдырығында күштің анықталуы

Демпфердің айналдырығында күші бекітпедегі екі негізгі әрекеттегі күштерден қалыптасады:

- Бекітпе органында қысымның өзгеруі  $\Delta P$  кезінде пайда болатын күш;
- Бекітпе органның өзіндік салмағынан пайда болатын күш.

Осыдан шыға, моментердің теңдеуінен шыға (1) формула бойынша депфердің айналдырығында күшті анықтау болады, 5 сур.:

$$P_{um} = \frac{F \cdot l + (G - P_a) \cdot l_1}{l_2} \quad (1)$$

осында:

$F$  – кері ағынның күші, Н;

$P_{um}$  – усилие возникающее на штоке демпфера, Н;

- $l$  – кері ағын күшінің иығы, м;  
 $l_1$  – салмақ және итеру күшінің иығы, м;  
 $l_2$  – шток күшінің иығы, м;

## ҚОРЫТЫНДЫ

6. Ұсынылған демпфер келешекке арналған құрылымын зерделеу бойынша есептеу сұлбасы әзірленді.
7. Математикалық үлгілерін жасаудың заманауи тәсілдемелердің негізінде есептеудің әдістері жетілдірілді.
8. Рационалды геометриялық және кинематикалық параметрлерін негіздеумен аналитикалық талдаулары өткізілді.
9. Демпферлік құрылғы құрастырылды.
10. ЭЕМ үшін, «Microsoft Excel» қолданбалы бағдарламалардың топтаманың негізінде алгоритм әзірленді.