

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 4 (2024)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/KCSD7563>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,216

Импакт-фактор КазБЦ – 0,406

Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Сулейменов Ансаган Дюсембаевич – PhD (ответственный секретарь);
Омарова Айгерим Рымболатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Богомолов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Кажиева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Жунусов Аблай Каиртасович – к.т.н., асс. профессор (доцент) (Павлодар, Казахстан);
Зарубежные члены редакционной коллегии:
Baigang Sun – PhD, профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magain Lapuerta – д.т.н., профессор (Сьюдад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).
Чайкин Владимир Андреевич – д.т.н., доцент (Сафонов, Россия);

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

**А. Ж. Касенов¹, *Д. А. Искакова², А. С. Янюшкин³,
А. А. Ткачук⁴, Д. Т. Қабдымали⁵**

^{1,2,4,5}Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

³Чувашский государственный университет, Чувашия, г. Чебоксары

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9552-1439>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3104-4818>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1969-7840>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2230-3697>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7127-9377>

*e-mail: iskakovada@mail.ru

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБНОЙ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ

В данной статье отражено исследование нестабильно-деформированного состояния трубной запорной арматуры, в частности клиновых задвижек, которые используются для управления потоками различных сред в трубопроводных системах. В работе приведены особенности эксплуатации запорной арматуры, принцип действия задвижки, материалы для ее изготовления, методы измерения износостойкости и надежности. Также описаны преимущества и недостатки клиновых задвижек. Многообразие условий эксплуатации, высокая потребность в надежности и долговечности, а также конструктивные отличия задвижек усложняют подбор оптимального оборудования для конкретных рабочих условий. Сделан акцент на необходимости учитывать реальные эксплуатационные параметр – такие как скорость потока, температура транспортируемой среды и положение клина – в процессе проектирования и расчета прочности. Основное внимание уделяется вопросам наплавки, твердым износостойким материалам, а также устойчивости к повреждениям уплотнительных поверхностей. Экспериментальная часть исследования включает в себя проведение наплавки Св-10Х17Т в среде защитных газов и наблюдение механических свойств наплавленного слоя. В ходе проведенных расчетов получены результаты подтверждения эффективности наплавки в повышении стойкости арматуры к износу и устойчивости к кавитационным воздействиям, что особенно важно для условий эксплуатации в агрессивных средах.

Ключевые слова: трубопроводная арматура, клиновая задвижка, наплавка, износостойкость, моделирование, напряженно-деформированное состояние.

Введение

Неотъемлемой частью любых трубопроводов предприятий топливно-энергетического комплекса является арматура. Существует большое количество

видов трубопроводной арматуры, наиболее распространенным из которых по количеству применяемых единиц является запорная арматура.

Задвижки относятся к наиболее простым устройствам, используемым для перекрытия проходов трубопроводов. Могут использоваться абсолютно для любых веществ. Состоят из корпуса, рабочего запорного устройства и привода.

Запорная трубопроводная арматура – задвижки подразделяется на следующие виды:

- клиновые;
- шиберные;
- параллельные;
- шланговые.

Принцип действия задвижки прост. Рабочий орган движется перпендикулярно к направлению движения потока. Он способен полностью перекрыть проход трубопровода. Хотя, если используется промышленная запорная арматура – задвижки могут быть регулируемы. Управление работой задвижек осуществляется при помощи пневматического, гидравлического, электрического привода или вручную.

Основные преимущества задвижек:

- малое гидравлическое сопротивление;
- небольшой коэффициент трения;
- простая конструкция;
- небольшая длина;
- возможность использовать для любых веществ.

Недостатки задвижек:

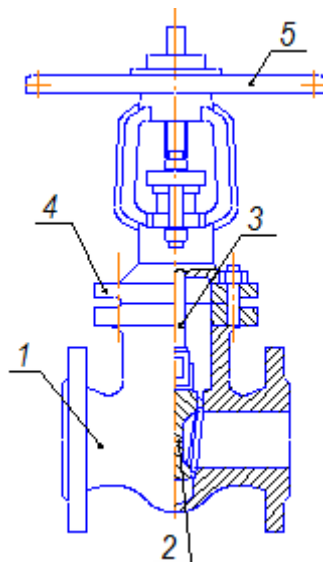
- значительная высота задвижек, особенно при использовании моделей с выдвижными шпинделями;
- значительное время закрывания и открывания задвижки;
- быстрый износ уплотнительных поверхностей [1].

В сравнении с другими видами запорной арматуры клиновые задвижки (рисунок 1) имеют ряд преимуществ (незначительное гидравлическое сопротивление при полностью открытом проходе, простота обслуживания, возможность подачи сырья в любом направлении и др.).

Многообразие условий эксплуатации арматуры, вопросы ее надежности и долговечности, разнообразные конструкции затрудняют подбор арматуры для тех или иных конкретных условий работы. Этот процесс осложняется тем, что при проектировании конструкций клиновых задвижек прочностной расчет отдельных деталей проводят без учета реальных условий эксплуатации, таких как скорость потока транспортируемой среды, температура и положение клина.

Все задвижки характеризуются небольшим допустимым перепадом давлений на запорном устройстве, невысокой скоростью срабатывания запорного устройства, возможностью получения гидравлического удара в конце хода, большой высокой, трудностью ремонта изношенных уплотнительных поверхностей запорного устройства при эксплуатации, сложностью их изготовления.

При выборе запорного изделия руководствуются следующими техническими характеристиками: присоединительный диаметр, назначение и материал, из которого изготавливается корпус и рабочая часть трубопровода, скорость закрытия. Специальные требования: продолжительные сроки службы, высокая прочность, надёжность, безопасность, коррозионная устойчивость материала к рабочей среде, герметичность, простота монтажа и удобство эксплуатации [1].



1 – корпус; 2 – клин; 3 – шпindelь; 4 – крышка; 5 – маховик
Рисунок 1 – Задвижка стальная клиновая с выдвижным шпинделем

Следует отметить, что рабочая среда трубопровода достаточно быстро повреждает изделия запорной арматуры, происходит истирание уплотнительных элементов, износ, коррозионные процессы, поэтому необходимо своевременно проводить технический контроль оборудования, промывку систем магистралей, ремонт или замену изделия [2].

Материалы и методы

Материалы для деталей трубопроводной арматуры должны соответствовать условиям эксплуатации, учитывая рабочее давление, температуру и химические свойства среды. Материалы должны обеспечивать достаточную пластичность, прочность и устойчивость к коррозии. Арматура, находящаяся под давлением, должна иметь запас прочности с учетом коррозии и эрозии в соответствии с ГОСТ 9.908. Уплотнительные материалы должны быть устойчивы к воздействию рабочей среды и внешних факторов. Дополнительно, технические требования к отливкам, поковкам и другим элементам должны соответствовать нормативным документам.

Было проведено исследование изношенной части клина клиновой задвижки, чтобы оценить степень износа и выявить механизмы разрушения. Клиновая задвижка была выбрана для исследования, так как она широко используется

в трубопроводных системах благодаря своей надежности, герметичности и способности эффективно работать в условиях высоких давлений и температур. Особенность конструкции клина обеспечивает плотное перекрытие потока, однако при длительной эксплуатации возможен износ, что требует детального анализа для повышения долговечности оборудования.

Клины, как и любой механизм, нуждаются в ревизии и ремонте. Ремонт всегда намного выгоднее, чем покупка новой арматуры. Поэтому одним из наиболее распространенных процессов является процесс восстановления запорной арматуры. Клиновые задвижки обладают небольшим гидравлическим сопротивлением, что является важным фактором для магистрального трубопровода, где наблюдается высокая скорость перемещения потока рабочей среды.

Целью является исследование влияния режимов наплавки на износ покрытий сварочной проволокой.

В качестве наплавочного материала в работе использовалась сварочная проволока Св-10Х17Т ГОСТ 2246-70, следующего химического состава (мас. %): до 0,12 С, до 0,8 Si, до 0,7 Mn, до 0,6Ni, до 0,025 S, до 0,035 P, 16...18Cr, 0,2...0,5Ti, Fe – основа. Сварочная проволока не должна иметь следов ржавчины, масла и других загрязнений. Двуокись углерода должен поставляться в баллонах. В качестве основного материала использовали прутки из стали 20 диаметром 50 мм и длиной 500 мм.

Повышение износостойкости и долговечности материалов является одной из важнейших задач в производстве. Наличие абразивных частиц, различных примесей в среде приводит к износу уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры. Распространенным и эффективным способом является наплавка металлов. Наплавка твердыми износостойкими материалами предназначена для повышения износостойкости уплотнительных и трущихся поверхностей трубопроводной арматуры, работающих в условиях агрессивных сред, повышенных и низких температур или в других условиях [3]. При использовании наплавки восстанавливаются геометрические размеры изношенных деталей, также упрочняется основной металл при использовании электродных материалов с применением защитных газов, флюсов и электродных покрытий.

Было установлено, что для защиты от износа уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры перспективно использование покрытий, наносимых дуговой наплавкой, в среде защитных газов сварочной проволокой Св-10Х17Т [1].

Исследование выполнено в рамках проекта. Покрытие наносили на ТОО «Павлодарский завод трубопроводной арматуры» на сварочном участке. Технологический процесс восстановления геометрических размеров уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры, предусматривает ряд последовательных операций.

Образец поступает на участок для наплавки с механически обработанными поверхностями, подготовленными для наплавки. Снятие слоя необходимо для устранения неровностей и нагартованного слоя металла. Токарную обработку проводят до «чистого металла» (снимается не менее 3 мм поверхности). Обработку

на станке выполняют на всей поверхности. Шероховатость поверхности деталей по параметру должен быть не более Ra12,5 мкм. Токарная обработка производится на токарно-винторезном станке 16K20. Поверхность образца перед наплавкой очищают от всех загрязняющих веществ обезжиривают ацетоном, уайт-спиритом или другими растворителями.

Восстановление поверхности образца проводится на полуавтомате сварочном КЕМРП КЕМРОМАТ 4200 с горелкой ММ 42-4,5 м. Восстановительная наплавка подготовленной поверхности производится с припуском на чистовую механическую обработку не менее 3 мм на сторону. Во время наплавки возможно охлаждение наплавляемого изделия. Наплавка производится при температуре окружающего воздуха выше плюс 10 °С с предварительным и сопутствующим местным подогревом газопламенными горелками до 400–450°С, температура детали постоянно контролируется с помощью термопар или дистанционным пирометром С-20.3. Настроить сварочный аппарат для полуавтоматической наплавки. Установить необходимый вылет электрода, соответствующий его диаметру. На панели управления установить необходимые значения тока наплавки и напряжение сварочной дуги. Настроить величину сварочного тока для Ø1,2 мм Св-10Х17Т ГОСТ 2246-70.

Режимы наплавки:

- сила сварочного тока 120–180А, ток постоянный, полярность обратная;
- напряжение на дуге 18–22В;
- скорость наплавки 25–50 м/час;
- вылет электрода 15–20мм;
- расход углекислого газа 10–15 л/мин.

Режимы наплавки корректируют во время проведения работы.

Наплавку производить проволокой сварочной Ø 1,2 мм Св-10Х17Т ГОСТ 2246-70 в нижнем положении с наклоном мундштука от вертикального положения 15° в сторону перемещения. Высота наплавленного слоя не более 4 мм. Наплавка производится по винтовой линии, с перекрытием предыдущего валика. Величина перекрытия одного валика другим должна составлять от 1/8 до 1/2 ширины валика. После наплавки каждого валика производить зачистку наплавленного участка до металлического блеска металлической щеткой, шлак удалять из зоны последующей наплавки [1].

При завершении наплавки проводится термическая обработка наплавленной поверхности. Процесс термической обработки применяется для изменения металлургических и механических свойств. Процесс включает в себя нагрев и охлаждение материала. Известно, что твердость, полученная в процессе упрочнения, сильно зависит от содержания углерода в стали. Твердость HRC 30–45. Присутствие углерода в основе стального сплава в значительной степени несет ответственность за механические свойства [4].

Термической обработкой является низкотемпературный отпуск. Данный вид обработки необходим для снятия внутренних напряжений, возникших в процессе наплавки.

Окончательную механическую обработку наплавленной поверхности производят на токарном станке. Геометрические размеры должны соответствовать заданному чертежу. Геометрический контроль наплавленной поверхности производится при использовании кронциркуля. Наплавленная поверхность не должна иметь видимых дефектов в виде трещин, непроваров, подрезов, а также усадочной и газовой пористости и неметаллических включений линейным размером более 1,5 мм и в количестве более 5 шт. на каждые 20 мм длины наплавленного металла [5].

Результаты и обсуждение

После проведения наплавки на образце, был произведен замер твердости по сечению наплавленного образца, определен химический состав металла наплавленного слоя и проведено определение на истирание наплавленного слоя.

Твердость наплавленного слоя, основного металла и околошовной зоны определялась по сечению образца. До замера твердости, определили глубину проплавления наплавленного слоя.

Глубина проплавления удовлетворяет средним значениям при проведении наплавки в защитных газах. Замер ширины и высоты наплавленного слоя выполнялся штангенциркулем ШЦ-1-125, с ценой деления 0,1 мм (ГОСТ 166-89).

Замер твердости производился по разработанной схеме замера твердости. При замере твердости, по высоте наплавленного слоя, по ширине наплавленного слоя расстояние между точками замера не изменялось. Также был произведен замер твердости в зоне термического влияния. Для замера твердости применялся твердомер Роквелла ТР-150Р. Измерения твердости проводилось по ГОСТ 9013, по стандартной шкале Роквелла (HRC) [6].

Полученные данные были сведены в таблицу по высоте наплавленного слоя в таблице 1 и таблицу по длине среза образца в таблице 2.

Таблица 1 – Твердость по высоте наплавленного слоя, в HRC

Образец	Точка			
	1	2	3	4
№1	33,8	41,1	36,4	36,1

Таблица 2 – Твердость по длине среза образца, в HRC

Образец	Точка								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
№1	37	32	31	34	30	33	38	33	40

Для определения и исследования химического состава наплавленного слоя было проведено спектральное исследование образцов. Химический состав металла в зонах наплавленного слоя и основного металла исследовали с применением портативного спектрометра TheimoNiton XL [7].

Для определения износостойкости наплавленного слоя при сухом трении металла о металл использовался способ по ГОСТ 30480-97, включающий в себя вращение контрольного тела с постоянной скоростью и прорезывание в

исследуемом образце паза в зоне контакта, при постоянной нагрузке. Данный способ позволяет точнее определить износостойкость и упростить испытание [8].

В результате проведенного анализа нагружения клина клиновой задвижки в исходном состоянии и после ремонта (наплавки) были получены данные о распределении напряжений, деформаций и реакций на контактных поверхностях.

Анализ проводился в модули системы КОМПАС АРМ FEM [9].

Исследование выполнено в трех средах, при условиях, соответствующих рабочим параметрам трубопровода:

а) вода (рисунок 2): давление, приложенное к клину, составляет 2,5 МПа, температура среды — 40 °С, линейное ускорение – 2,5 м/с.

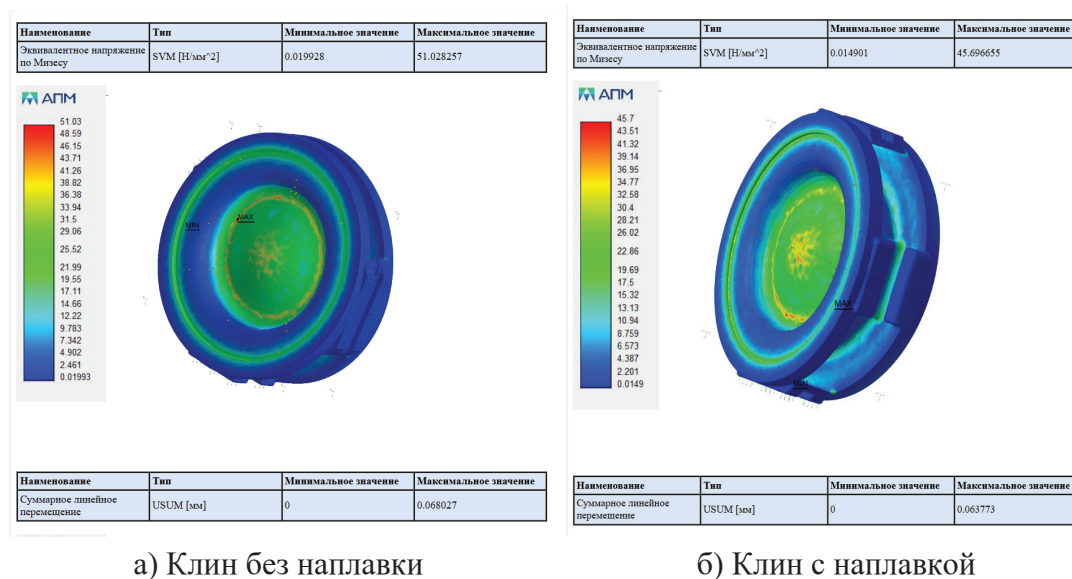
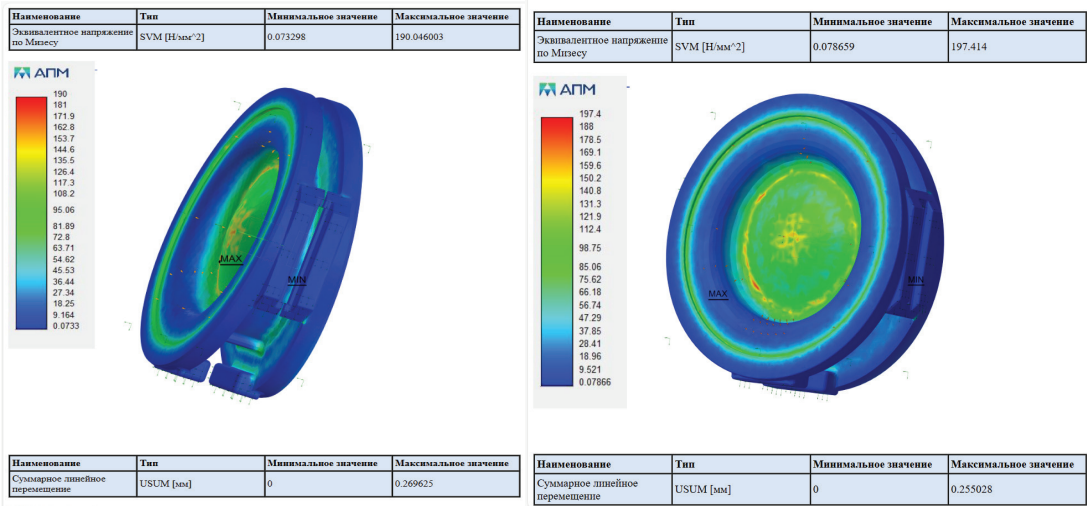


Рисунок 2 – Напряжение и линейное перемещение в среде «Вода»

б) пар (рисунок 3): давление, приложенное к клину, составляет 10 МПа, температура среды — 540 °С, линейное ускорение – 70 м/с.

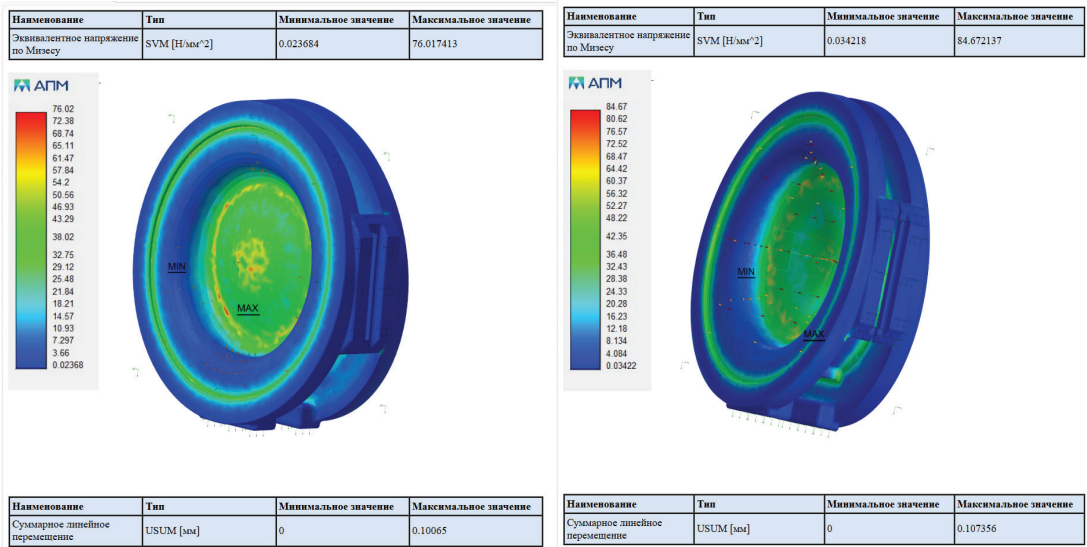


а) Клин без наплавки

б) Клин с наплавкой

Рисунок 3 – Напряжение и линейное перемещение в среде «Вода»

в) нефтепродукты (рисунок 4): давление, приложенное к клину, составляет 4 МПа, температура среды — 150 °С, линейное ускорение – 2,5 м/с



а) Клин без наплавки

б) Клин с наплавкой

Рисунок 4 – Напряжение и линейное перемещение в среде «Нефтепродукты»

Нагрузки приложены в направлении оси X, с учётом рабочей среды и её динамических воздействий на элементы задвижки.

Целью анализа было выявить критические участки клина, подверженные максимальным напряжениям и деформациям, а также оценить степень их влияния на надёжность работы задвижки [10], [11].

На основе проведённых исследований в средах вода, пар и нефтепродукты можно сделать вывод в виде таблицы, которая показывает влияние условий эксплуатации (давления, температуры, линейного ускорения) на напряжение и линейное перемещение клина клиновой задвижки, как с наплавкой, так и без неё (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты динамического анализа клина клиновой задвижки в разных рабочих средах

Среда	Давление (МПа)	Температура (°C)	Линейное ускорение (м/с ²)	Напряжение без наплавки, Н/мм ²	Напряжение с наплавкой, Н/мм ²	Линейное перемещение без наплавки	Линейное перемещение с наплавкой
Вода	2,5	40	2,5	51,03	45,69	0,068	0,064
Пар	10	540	70	190,05	197,41	0,269	0,255
Нефтепродукты	4	150	2,5	76,02	84,67	0,100	0,107

В ходе проведения исследований, выявлено, что:

Влияние наплавки: Напряжение и перемещение клина с наплавкой в каждой из сред ниже, чем у клина без наплавки, что указывает на повышение прочности и устойчивости к деформациям.

Воздействие температуры и давления: С повышением давления и температуры (например, в среде «Пар») наблюдаются более высокие значения напряжения и перемещения, что указывает на необходимость усиления материалов и конструкции для эксплуатации в агрессивных условиях.

Линейное ускорение: С увеличением линейного ускорения (например, в среде «Пар» с 70 м/с²) также повышается деформация клина, особенно без наплавки, что свидетельствует о важности стабилизации и усиления элементов клина для снижения динамических нагрузок.

Таблица 3 и выводы демонстрируют, как разные рабочие условия влияют на параметры клина и подтверждают необходимость наплавки для повышения долговечности задвижки.

Информация о финансировании

Исследования выполняются в рамках грантового финансирования научных и (или) научно-технических проектов на 2024–2026 годы по проекту BR24993003 «Разработка комплекса мероприятий инструментального обеспечения обрабатывающих отраслей экономики РК».

Выводы

В ходе проведения исследований был оценён износ клина клиновой задвижки и установлено, что наплавка твёрдыми износостойкими материалами является эффективным методом восстановления и повышения долговечности арматуры, работающей в агрессивных средах. Применение сварочной проволоки Св-10Х17Т в защитной среде углекислого газа позволило получить качественное наплавленное покрытие с высокой твёрдостью и стойкостью к истиранию. Результаты показали, что наплавка обеспечивает восстановление геометрии

деталей и повышает их эксплуатационные характеристики за счёт улучшенной износостойкости и сопротивляемости кавитационным разрушениям. Этот метод также увеличивает долговечность арматуры, особенно в условиях воздействия абразивных частиц и высоких температур.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Мусина, Ж. К., Новоселова, Е. А., Магеллан, Д. А.** Литературный обзор наплавов уплотнительных поверхностей задвижек трубопроводной арматуры / Ж. К. Мусина, Е. А. Новоселова, Д. А. Магеллан // Материалы международной научной конференции «ХХІІІ Сатпаевские чтения» / Торайгыров университет. – Павлодар, 2023. – Т. 11. – С. 318–324.

2 **Мустафин, С. Ю.** Исследование износостойкости подвижных сопряжений запорной арматуры газо-нефтепроводов / С. Ю. Мустафин. – М. : 2002. – 228 с.

3 **Иванова, К. К.** Совершенствование методики прочностного расчета деталей клиновых задвижек с учетом параметров технологического потока: дисс. на соиск. ученой степ. канд.техн.наук по 050213 – Машины, агрегаты и процессы – Уфа, 2008. – 162 с.

4 **Матвиенко, В. Н.** Совершенствование технологии наплавки уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры // Трубопроводная арматура. / Под ред. В. Н. Матвиенко. – 2020. – С. 24–27.

5 **Еремин, Е. Н.** Исследование свойств металла 20Х13, полученного наплавкой в различных защитных газовых средах // Сварочное производство. / Под ред. Е. Н. Еремин. – 2021. – С. 105–108.

6 **Полосков, С. С.** Проблемы наплавки уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры // Машиностроение и машиноведение. / Под ред. С. С. Полосков. – 2019. – С. 349–356.

7 **Искакова, Д. А., Касенов, А. Ж., Магеллан, Д. А., Золтан-Иосиф Корка.** Analysis of methods of hardening and restoration of worn parts. STUDIA UNIVERSITATIS BABEŞ-BOLYAI, Engineering 69(1) 2024. – P. 137–148.

8 **Денчик, А. И., Касенов, А. Ж., Янюшкин, А. С., Мусина, Ж. К., Абишев, К. К., Искакова, Д. А., Ткачук, А. А.** Практическое применение имитационного моделирования формирования точности исполнительного размера. Вестник машиностроения, 2023. – № 7. – С. 566–572. – <https://doi.org/10.36652/0042-4633-2023-102-7-566-572>.

9 Нефтегазовое машиностроение: проектирование и моделирование задвижки шиберной / С. В. Никитин, Ю. А. Темпель, М. А. Осипов, Д. Е. Писарев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 8. – С. 412–416. – <https://doi.org/10.24412/2071-6168-2022-8-412-417>. – EDN NJCVGU.

10 **Исаметова, М. Е.** Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния запорной арматуры для нефтегазовой промышленности / М. Е. Исаметова, В. В. Ялфимов // Вестник Казахской академии

транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. – 2017. – № 1(100). – С. 34–40. – EDN YNUVZV.

11 **Свинцов, А. П.** Вентильная головка к водоразборной арматуре с высокой регулирующей способностью / А. П. Свинцов, М. И. Харун, С. А. Мукарзель // Инженерно-строительный журнал. – 2015. – № 6(58). – С. 8-18. – <https://doi.org/10.5862/MCE.58.2>. – EDN UMAGIN.

REFERENCES

1 **Musina, Zh. K., Novoselova, E. A., Magellan, D. A.** A Literaturny`j obzor naplavok uplotnitel`ny`x poverxnostej zadvizhek truboprovodnoj armatury`. [Literary review of surfacing sealing surfaces of valves of pipeline fittings] / Zh. K. Musina, E. A. Novoselova, D. A. Magellan // Proceedings of the international scientific conference «XXIII Satpayev readings» / Toraigyrov University. – Pavlodar, 2023. – Vol. 11. – P. 318–324.

2 **Mustafin, S. Yu.** Issledovanie iznosostojkosti podvizhny`x sopryazhenij zapornoj armatury` gazo-nefteprovodov. [Research of wear resistance of movable joints of shut-off valves of gas and oil pipelines] / S. Yu. Mustafin. – Moscow : 2002. – 228 p.

3 **Ivanova, K. K.** Sovershenstvovanie metodiki prochnostnogo rascheta detalej klinovy`x zadvizhek s uchetom parametrov tekhnologicheskogo potoka. [Improvement of the method of strength calculation of wedge gate valve parts taking into account the parameters of the technological flow]: diss. on the job. the scientific step. Candidate of Technical Sciences Sciences on 050213 – Machines, aggregates and processes – Ufa, 2008. – 162 p.

4 **Matvienko, V. N.** Sovershenstvovanie tekhnologii naplavki uplotnitel`ny`x poverxnostej truboprovodnoj armatury`. [Improving the technology of surfacing sealing surfaces of pipeline fittings] // Pipeline fittings. / Edited by V. N. Matvienko. – 2020. – P. 24–27.

5 **Eremin, E. N.** Issledovanie svojstv metalla 20X13, poluchennogo naplavkoj v razlichny`x zashhitny`x gazovy`x sredax . [Investigation of the properties of 20X13 metal obtained by surfacing in various protective gas media] // Welding production. / Ed. by E. N. Eremin. – 2021. – P. 105–108.

6 **Poloskov, S. S.** Problemy` naplavki uplotnitel`ny`x poverxnostej truboprovodnoj armatury`. [Problems of surfacing sealing surfaces of pipeline fittings] // Mechanical engineering and machine science. / Edited by S. S. Poloskov. – 2019. – P. 349–356.

7 **Iskakova, D. A., Kasenov, A. J., Magellan, D. A., Zoltan-Joseph Korka.** Analysis of methods of hardening and restoration of worn parts. Studia universitatis BABEŞ-BOLYAI, Engineering 69(1). – 2024. P. 137–148.

8 **Denchik, A. I., Kasenov, A. J., Yanushkin, A. S., Musina, J. K., Abishev, K. K., Iskakova, D. A., Tkachuk, A. A.** Prakticheskoe primeneniye imitacionnogo modelirovaniya formirovaniya tochnosti ispolnitel`nogo razmera. [Practical application of simulation modeling of the formation of the accuracy of the executive size.] Bulletin

of Mechanical Engineering, 2023. – № 7. – P. 566–572. – <https://doi.org/10.36652/0042-4633-2023-102-7-566-572>.

9 Neftegazovoe mashinostroenie: proektirovanie i modelirovanie zadvizhki shibernoj. [Oil and gas engineering: design and modeling of the gate valve] / S. V. Nikitin, Yu. A. Tempel, M. A. Osipov, D. E. Pisarev // Izvestiya Tula State University. Technical sciences. – 2022. – № 8. – P. 412–416. – <https://doi.org/10.24412/2071-6168-2022-8-412-417>. – EDN NJCVGU.

10 Isametova, M. E. Komp'yuternoe modelirovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya zapornoj armatury dlya neftegazovoj promyshlennosti. [Computer modeling of the stress-strain state of shut-off valves for the oil and gas industry] / M. E. Isametova, V. V. Yalfimov // Bulletin of the Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev. – 2017. – № 1(100). – P. 34-40. – EDN YNUVZV.

11 Svintsov, A. P. Ventil'naya golovka k vodorazbornej armature s vy'sokoj reguliruyushhej sposobnost'yu. [Valve head for water intake valves with high regulating capacity] / A. P. Svintsov, M. I. Harun, S. A. Mukarzel // Civil Engineering Magazine. – 2015. – № 6(58). – P. 8–18. – <https://doi.org/10.5862/MCE.58.2>. – EDN UMAGIN.

Поступило в редакцию 12.11.24.

Поступило с исправлениями 12.11.24.

Принято в печать 16.11.2024.

*А. Ж. Касенов¹, *Д. А. Исакова², А. С. Янюшкин³,*

А. А. Ткачук⁴, Д. Т. Кабдымали⁵

^{1,2,4,5}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

³Чуваш мемлекеттік университеті, Чувашия, Чебоксары қ.

12.11.24 ж. баспаға түсті.

12.11.24 ж. түзетулерімен түсті.

16.11.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

ҚҰБЫРДЫ БЕКІТУ АРМАТУРАСЫНЫҢ КЕРНЕУЛІ ДЕФОРМАЦИЯЛАНҒАН КҮЙІН ТАЛДАУ

Бұл мақалада құбырлы бекіту арматурасының тұрақсыз деформацияланған күйін, атап айтқанда құбыр жүйелеріндегі әртүрлі орталардың ағындарын басқару үшін қолданылатын сыналы ысырмаларын зерттеуі көрсетілген. Жұмыста бекіту арматурасын пайдалану ерекшеліктері, клапанның жұмыс принципі, оны жасауға арналған материалдар, тозуға төзімділік пен сенімділікті өлшеу әдістері келтірілген. Сыналы ысырмаларының артықшылықтары мен кемшіліктері де сипатталған. Пайдалану жағдайларының әртүрлілігі, сенімділік пен беріктіктің жоғары қажеттілігі, сондай-ақ клапандардың құрылымдық айырмашылықтары нақты жұмыс жағдайлары үшін оңтайлы жабдықты таңдауды қиындатады. Жобалау және беріктігін есептеу процесінде нақты пайдалану параметрін – ағын

жылдамдығы, тасымалданатын ортаның температурасы және сынаның орналасуы сияқты – ескеру қажеттілігіне баса назар аударылады. Беткі қабатқа, қатты тозуға төзімді материалдарға, сондай-ақ тығыздағыш беттердің зақымдалуына төзімділікке баса назар аударылады. Зерттеудің эксперименттік бөлігі қорғаныш газдар ортасында Св-10х17т балқытуды және балқытылған қабаттың механикалық қасиеттерін бақылауды қамтиды. Жүргізілген есептеулер барысында арматураның тозуға төзімділігін және кавитациялық әсерлерге төзімділігін арттыруда балқыманың тиімділігін растау нәтижелері алынды, бұл әсіресе агрессивті ортада пайдалану жағдайлары үшін маңызды.

Кілтті сөздер: құбыр арматурасы, сыналы ысырма, қаптау, тозуға төзімділік, модельдеу, кернеулі деформацияланған күй.

**Zh. Kassenov¹, *D. A. Iskakova², A. S. Yanushkin³,
A. A. Tkachuk⁴, D. T. Kubdymali⁵**

^{1,2,4,5}Toraigyro University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

³Chuvash State University, Chuvashia, Cheboksary

Received 12.11.24.

Received in revised form 12.11.24.

Accepted for publication 16.11.24.

ANALYSIS OF THE STRESS-STRAIN STATE OF PIPE SHUT-OFF VALVES

This article reflects the study of the unstable deformed state of pipe shut-off valves, in particular wedge valves, which are used to control the flow of various media in pipeline systems. The paper presents the features of the operation of shut-off valves, the principle of operation of the valve, materials for its manufacture, methods of measuring wear resistance and reliability. The advantages and disadvantages of wedge gate valves are also described. The variety of operating conditions, the high need for reliability and durability, as well as the design differences of the valves complicate the selection of optimal equipment for specific operating conditions. The emphasis is placed on the need to take into account real operational parameters – such as flow velocity, temperature of the transported medium and the position of the wedge – in the design and strength calculation process. The main attention is paid to the issues of surfacing, hard wear-resistant materials, as well as resistance to damage to sealing surfaces. The experimental part of the study includes the deposition of Sv-10X17T in a protective gas environment and observation of the mechanical properties of the deposited layer. In the course of the calculations, the results of confirming the effectiveness of surfacing in increasing the resistance of fittings to wear and resistance to cavitation, which is especially important for operating conditions in aggressive environments.

Keywords: pipeline fittings, wedge gate valve, surfacing, wear resistance, modeling, stress-strain state.

Теруге 05.12.24 ж. жіберілді. Басуға 30.12.24 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Mb RAM

Шартты баспа табағы 1,09 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4322

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

nitk.tou.edu.kz