

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт природных ресурсов  
Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»  
Профиль: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»  
Кафедра теоретической и прикладной механики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

| Тема работы   |
|---|
| <b>Проектирование привода задвижки на основе планетарной роliko-винтовой передачи</b> |

УДК 621.646.5-83-047.74

Студент

| Группа | ФИО                       | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 4Е31   | Слепцов Василий Семенович |         |      |

Руководитель

| Должность                   | ФИО         | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------------------------|-------------|---------------------------|---------|------|
| Ст.преподаватель<br>каф.ТПМ | Беляев Д.В. | -                         |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность                  | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|----------------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент каф.<br>менеджмента | Антонова И.С. | К.Э.Н.                    |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность          | ФИО          | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|--------------------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент каф. ЭБЖ | Невский Е.С. | -                         |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Зав. кафедрой | ФИО         | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|---------------|-------------|---------------------------|---------|------|
| ТПМ           | Пашков Е.Н. | К.Т.Н.                    |         |      |

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт природных ресурсов

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Уровень образования бакалавр

Кафедра теоретической и прикладной механики

Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

|  |          |
|--|----------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 15.06.17 |
|--|----------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)  | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|--|------------------------------------|
| 05.05.17      | <i>Теоретическая часть работы</i>  | 50                                 |
| 15.05.17      | <i>Расчет и проектирование привода задвижки на основе планетарной роliko-винтовой передачи</i> | 40                                 |
| 30.05.17      | <i>Устранение недочетов в работе</i>   | 10                                 |

Составил преподаватель:

| Должность                   | ФИО         | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------------|-------------|------------------------|---------|------|
| Ст.преподаватель<br>каф.ТПМ | Беляев Д.В. | -                      |         |      |

**СОГЛАСОВАНО:**

| Зав. кафедрой | ФИО         | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|-------------|------------------------|---------|------|
| ТПМ           | Пашков Е.Н. | к.т.н.                 |         |      |

## Планируемые результаты обучения ООП

| Код<br>Результата                 | Результат обучения<br>(выпускник должен быть готов)  | Требования ФГОС,<br>критериев и/или<br>заинтересованных<br>сторон   |
|-----------------------------------|--|---|
| <b>Общекультурные компетенции</b> |  |   |
| Р1                                | Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук для обеспечения полноценной инженерной деятельности.  | Требования ФГОС (ОК-1; ОК-9; ОК-10)1, Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                                     |
| Р2                                | Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий. | Требования ФГОС (ОК-7; ОК-11; ОК -13; ОК-14, ОК-15), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2, п. 5.2.8, п. 5.2.10), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| Р3                                | Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.      | Требования ФГОС (ОК -5; ОК -6; ОК -8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                                   |
| Р4                                | Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, уметь проявлять личную ответственность.  | Требования ФГОС (ОК-4; ПК-9; ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                                     |

|                                     |   |   |
|-------------------------------------|---|---|
| P5                                  | Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на нефтегазовых производствах.   | Требования ФГОС (ОК-2; ОК-3; ОК-5; ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.12; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>     |
| P6                                  | Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, нефтегазового комплекса и в отраслевых научных организациях.                                   | Требования ФГОС (ОК-14; ОК-15; ОК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                   |
| <b>Профессиональные компетенции</b> |   |   |
| P7                                  | Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в нефтегазовой отрасли, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной продукции. | Требования ФГОС (ПК-7; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                   |
| P8                                  | Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов, деталей и конструкций  | Требования ФГОС (ПК-1; ПК-3; ПК-26), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.5; п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |

|     |   |  |
|-----|---|--|
| P9  | Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.  | Требования ФГОС (ПК-2; ПК-4; ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, п. 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>               |
| P10 | Умение проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.   | Требования ФГОС (ПК-18), Критерий 5 АИОР (п.5.2.4, п. 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                            |
| P11 | Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий нефтегазового производства. | Требования ФГОС (ПК-6; ПК-12; ПК-14; ПК-15; ПК-24), Критерий 5 АИОР (п.5.2.3; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P12 | Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования.              | Требования ФГОС (ПК-21; ПК-22; ПК-23), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>             |

|     |   |   |
|-----|---|---|
| P13 | <p>Готовность составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.</p>                                 | <p>Требования ФГОС (ПК-11; ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i></p>               |
| P14 | <p>Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.</p>   | <p>Требования ФГОС (ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-25), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4; п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i></p> |
| P15 | <p>Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в нефтегазовом производстве.</p> | <p>Требования ФГОС (ПК-8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.8; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i></p>                       |

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов  
 Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»  
 Кафедра теоретической и прикладной механики

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

|                            |
|----------------------------|
| <b>БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ</b> |
|----------------------------|

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                  |
| 4Е31          | Слепцову Василию Семеновичу |

Тема работы:

|  |                   |
|--|-------------------|
| Проектирование привода задвижки на основе планетарной роliko-винтовой передачи |                   |
| Утверждена приказом директора (дата, номер)                                    | 07.03.17, №2305/С |

|  |          |
|--|----------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 05.06.17 |
|--|----------|

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

|   |  |
|---|--|
| <b>Исходные данные к работе</b>   | Электропривод задвижки на основе планетарной роliko-винтовой передачи  |
| <b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений науки и техники в рассматриваемой области;</li> <li>2. Обзор проектируемого оборудования;</li> <li>3. Расчет и проектирование привода задвижки;</li> <li>4. Финансовый менеджмент;</li> <li>5. Социальная ответственность</li> <li>6. Заключение.</li> </ol> |
| <b>Перечень графического материала</b>  | Сборочный чертеж электропривода задвижки на основе планетарной роlikoвинтовой передачи, презентация  |
| <b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>             |  |
| <small>(с указанием разделов)</small>   |  |
| <b>Раздел</b>   | <b>Консультант</b>   |

|   |                              |
|---|------------------------------|
| <b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения</b>                  | Антонова И.С., доцент, к.э.н |
| <b>Социальная ответственность</b>   | Невский Е.С., ассистент      |
| <b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b> |                              |
| —   |                              |

|   |          |
|---|----------|
| <b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b> | 06.02.17 |
|---|----------|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность                   | ФИО         | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------------|-------------|------------------------|---------|------|
| Ст.преподаватель<br>каф.ТПМ | Беляев Д.В. | -                      |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО          | Подпись | Дата |
|--------|--------------|---------|------|
| 4Е31   | Слепцов В.С. |         |      |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                  |
| 4Е31          | Слепцову Василию Семеновичу |

|                            |             |                                  |   |
|----------------------------|-------------|----------------------------------|---|
| <b>Институт</b>            |             | <b>Кафедра</b>                   |   |
| <b>Уровень образования</b> | бакалавриат | <b>Направление/специальность</b> | 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» / «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» |

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

|   |  |
|---|--|
| 1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | 1. <i>Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску.</i><br>2. <i>Стоимость электроэнергии – 5,8 руб. кВт·ч – для юр. лиц.</i><br>3. <i>Стоимость интернета – 360 руб. в месяц.</i> |
| 2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>   | 30% премии.<br>20% надбавки.<br>1,3 – районный коэффициент.  |
| 3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>                                  | <i>Система налогообложения, принятая для образовательных учреждений (27,1% отчисления во внебюджетные фонды).</i>  |

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

|   |  |
|---|--|
| 1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i> | 1. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.</i><br>2. <i>Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований.</i><br>3. <i>Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.</i> |
| 2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>  | 1. <i>Расчет основной заработной платы исполнителей темы.</i><br>2. <i>Расчет отчислений на социальные нужды.</i><br>3. <i>Расчет электроэнергии и прочих расходов.</i><br>4. <i>Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта.</i>  |
| 3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>        | 1. <i>Расчет интегрального показателя финансовой эффективности разработки</i><br>2. <i>Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности вариантов исполнения объектов исследования</i>   |

**Перечень графического материала, в том числе таблицы (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
2. *Матрица SWOT*
3. *Альтернативы проведения НИ*
4. *График проведения и бюджет НИ*
5. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

|  |              |
|--|--------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 01.05.2017г. |
|--|--------------|

**Задание выдал консультант:**

| Должность | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|---------------------------|---------|------|
| доцент    | Антонова И.С. | к.э.н.                    |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                       | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 4Е31   | Слепцов Василий Семенович |         |      |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

|               |                           |
|---------------|---------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                |
| 4Е31          | Слепцов Василий Семенович |

|                     |             |                     |   |
|---------------------|-------------|---------------------|---|
| <b>Институт</b>     | <b>ИПР</b>  | <b>Кафедра</b>      | <b>ТПМ</b>  |
| Уровень образования | бакалавриат | Направление/профиль | 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» / «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» |

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

|  |   |
|--|---|
| <p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul> | <p><i>Физико-химическая природа вредных факторов:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенные уровни шума;</li> <li>- повышенные уровни вибрации.</li> <li>- вредные вещества.</li> </ul> <p><i>Действие факторов на организм человека:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ухудшение слуха;</li> <li>- влияние на нервную систему;</li> <li>- раздражение человека;</li> <li>- нарушение работы сердечно-сосудистой системы;</li> <li>- головные боли;</li> <li>- тошнота.</li> </ul> <p><i>Средства коллективной защиты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- шумопоглощающая изоляция;</li> <li>- звукоизолирующие кожухи;</li> <li>- активные средства виброзащиты.</li> </ul> <p><i>Средства индивидуальной защиты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- противошумные наушники;</li> <li>- противошумные вкладыши;</li> <li>- вибродемпфирующие перчатки;</li> <li>- рукавиц.</li> </ul> |
| <p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>                            | <p><i>Источник опасных факторов:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- электропривод;</li> <li>- задвижка;</li> </ul> <p><i>Средства защиты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изоляция проводов;</li> <li>- взрывозащищенное оборудование;</li> <li>- системы пожаротушения.</li> </ul> <p><i>Причины пожаров:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрушение арматуры;</li> <li>- утечка газа.</li> </ul> <p><i>Профилактические мероприятия:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обучение пожарной ТБ;</li> <li>- контроль оборудования.</li> </ul> <p><i>Первичные средства пожаротушения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- огнетушитель;</li> <li>- песок.</li> </ul>  |
| <p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> </ul>  | <p><i>Защита селитебной зоны: учет санитарно-защитной зоны при строительстве азотных станций.</i></p> <p><i>Воздействие на атмосферу:</i></p>   |

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>  | <p>выбросы продуктов сгорания топлива, содержащие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– продукты полного сгорания горючих компонентов топлива;</li> <li>– компоненты неполного сгорания топлива.</li> </ul> <p>Воздействие на гидросферу:<br/>возможный разлив смазочно-охлаждающих жидкостей.</p> <p>Воздействие на литосферу:<br/>твердые бытовые отходы при техническом обслуживании и ремонте запорных устройств.</p> <p>Решения по обеспечению экологической безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- соблюдение инструкций при операциях по наливу и сливу смазочно-охлаждающих жидкостей;</li> <li>- Все работники должны быть обучены безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004-90;</li> <li>- применение индивидуальных средств защиты по типовым отраслевым нормам при работе с нефтепродуктами.</li> </ul>   |
| <p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul> | <p>Возможные ЧС на объекте:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- высокая вероятность взрыва и возникновения пожара;</li> <li>- аварийная остановка при разрушении арматуры;</li> <li>- аварийная остановка при превышении уровня вибрации.</li> </ul> <p>В случае возникновения аварийной ситуации необходимо действовать согласно инструкции, предписанной данному предприятию на случай возникновения ЧС.</p>   |
| <p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>   | <p>Правила безопасного ведения работ регламентируются ПБ 12-368-00 "Правила безопасности в газовом хозяйстве". Допуск к работе имеют лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, обученные безопасным методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке.</p> <p>Действующая с 1 января 2014 г. редакция ТК РФ определяет, что работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, положены следующие гарантии и компенсации:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) сокращенная продолжительность рабочего времени с возможностью выплаты денежной компенсации за работу в пределах общеустановленной 40-часовой рабочей недели (ст. 92 ТК РФ);</li> <li>2) ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск работникам с возможностью выплаты компенсации за часть такого отпуска, превышающую минимальную продолжительность (ст. 117 ТК РФ);</li> </ol> |

|   |   |
|---|---|
|   | <i>3) повышенная оплата труда работников (ст. 147 ТК РФ).</i> |
| <b>Перечень графического материала:</b>   |   |
| <i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i> |   |

|   |                   |
|---|-------------------|
| <b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b> | <b>01.05.2017</b> |
|---|-------------------|

**Задание выдал консультант:**

| Должность | ФИО          | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент | Невский Е.С. |                           |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                       | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 4Е31   | Слепцов Василий Семенович |         |      |

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 90 с., 32 рис., 19 табл., 19 источников.

Ключевые слова: привод, задвижка, планетарная роliko-винтовая передача, проектирование, электропривод.

Объектом исследования является электропривод задвижки на основе планетарной роliko-винтовой передачи.

Цель работы – расчет и проектирование привода задвижки на основе планетарной роliko-винтовой передачи.

Задачи:

- 1) исследование планетарной роliko-винтовой передачи;
- 2) расчет на износостойкость;
- 3) проектирование привода на основе планетарной роliko-винтовой передачи;

В результате проделанной ВКР рассмотрены и проанализированы основные, конструктивные и технологические особенности планетарной роliko-винтовой передачи (ПРВП), задвижек и их приводов.

Для расчета ПРВП на износостойкость сформулированы цель и задачи исследований, выбрана наиболее простая конструкция безгаечного роliko-винтового механизма с неподвижными осями роlikов, так как расчет ПРВП на износостойкость является очень длительным и сложным.

Разработана и спроектирована конструкция электропривода задвижки на базе планетарной роliko-винтовой передачи.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

ПРВП – планетарная роliko-винтовая передача

ПРВД – планетарная передача с длинными резьбовыми роликами

МЦС – мгновенный центр скоростей

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования

ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Общие требования

## Оглавление

### Введение

|   |    |
|---|----|
| 1. Обзор литературы .....   | 3  |
| 2. Объекты исследования .....                                       | 5  |
| 2.1. Задвижки и их классификация.....                               | 5  |
| 2.2. Приводы запорной трубопроводной арматуры .....                 | 24 |
| 2.3. Планетарная роliko-винтовая передача .....                     | 32 |
| 3. Проектирование привода задвижки на основе ПРВП.....              | 41 |
| 3.1. Конструкции электроприводов на базе ПРВП.....                  | 41 |
| 3.2. Расчет и обоснование износостойкости .....                     | 44 |
| 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. | 51 |
| 5. Социальная ответственность .....                                 | 75 |
| Заключение .....  | 88 |
| Список использованных источников .....                              | 89 |

## **Введение**

В настоящее время к приводам предъявляются требования по повышению нагрузочной способности, точности позиционирования, надежности, долговечности, КПД, стойкости к ударным нагрузкам и ряду других параметров. Приводы должны легко устанавливаться на изделие, заменяться и настраиваться, их обслуживание должно быть простым, а управление – надежным и легко программируемым. Для большинства изделий, в первую очередь нефтегазовой отрасли, необходимо снижать массу приводов и обслуживающего их оборудования.

В последнее время в нашей стране существенно повысился спрос на приводы на базе планетарной роliko-винтовой передачи (ПРВП) как исполнительного механизма. Для чего необходимо решать вопросы обоснования расчета и проектирования ПРВП.

Достоинства привода на основе ПРВП:

- высокое быстродействие и точность отработки заданного движения;
- высокая точность перемещения;
- плавность движения на малых скоростях перемещения изделий большой массы;
- минимальные и стабильные по величине энергопотери.

Целью данной работы является проектирование электропривода задвижки на основе ПРВП. Рассмотрены известные конструкции ПРВП, их основные характеристики, достоинства. В том числе исследованы основные виды и приводы задвижек.

## 1. Обзор литературы

В нашей стране ПРВП первоначально изучены в трудах Д.Н. Решетова [1], Б.И. Павлова [2], Л.В. Марголина [3]. Марголиным [4] были исследованы конструкции и кинематика передач SR.

В трудах Д.В. Бушенина [5, 6, 7] исследована методика проектирования несоосных передач. В труде Б.К. Попова [8] рассмотрена методика расчетов геометрических характеристик, кинематики и КПД РВП. В трудах Б.В. Новоселова [6, 7] изучены трудности разработки методики проектирования новых конструкций РВП как динамических звеньев следящего привода.

В наше время в РФ разработкой и исследованием РВП, кроме Владимирского государственного университета (один коллектив под руководством автора, а другой – под руководством профессора В.В. Морозова), занимаются работники кафедры “Детали машин” МГТУ под руководством профессора О.А. Ряховского.

Основные области применения ПРВП – металлообработка, металлургия, литье пластика под давлением, сборочные линии, а также медицинское и лабораторное оборудование. Ролико-винтовые передачи успешно используются для больших нагрузок, быстрого вращения, быстрого линейного перемещения, высоких ускорений, работы в агрессивных средах, имеют жесткость и высокую точность. Их отличительные преимущества – это износостойкость, устойчивость к ударным нагрузкам и сохранение работоспособности в отсутствие смазки.

## **2. Объекты исследования**

### **2.1. Задвижки и их классификация**

Актуальность применения арматуры в газовой промышленности.

Одна из важнейших элементов газопровода – арматура, осуществляющая управление потоками газа.

Задвижка — тип трубопроводной арматуры, запирающий или регулирующий элемент, которой перемещается перпендикулярно оси потока рабочей среды. Служит для перекрытия потока рабочей среды с определенной степенью герметичности в затворе. В немногих технологических системах используется как запорно-регулирующая арматура (частично открытый затвор на короткое время), с возможностью дискретно регулировать движение потока жидкости в рабочей полости.

Пользуются широкой распространенностью - используются повсеместно на любых технологических и транспортных трубопроводах диаметрами от 15 до 2000 мм в системах ЖКХ, системах газо- и водоснабжения, нефтепроводах, объектах энергетики и многих других при рабочих давлениях от 0.16 до 25 МПа и температурах до 838 К (565 °С). [9]

Обширное распространение задвижек обуславливается рядом преимуществ этих устройств, среди которых:

- сравнительно простая конструкция;
- относительная небольшая строительная длина;
- применение в разнообразных условиях эксплуатации;
- небольшое гидравлическое сопротивление.

Последняя характеристика делает задвижки значительно ценными для использования в магистральных трубопроводах, у которых постоянное высокоскоростное движение среды.

Недостатки задвижек:

- большая строительная высота (в особенности для задвижек с выдвигным шпинделем, что обуславливается тем, что ход затвора для полного открытия должен составить не менее одного диаметра прохода);
- невысокая скорость открытия и закрытия;
- во время эксплуатации возникает сложность при ремонте из-за изнашивания уплотнительных поверхностей в затворе и в корпусе.

## **Классификация задвижек**

### **По формообразования корпуса:**

- Литая задвижка:

С помощью литья изготавливаются основные детали этой задвижки.

Существует много разных способов производства отливок, некоторые заводы-изготовители заказывают литье на других специализированных производствах;

- Сварная задвижка:

Задвижки данного типа сделаны путем сварки штампованных заготовок из листового проката (стальные);

- Кованая задвижка:

Изготовлены посредством механической обработки заготовки под задвижку, которая носит название поковка. Такой способ используется, зачастую, для малых диаметров трубопровода и рассчитан на большие давления;

- Штампованная:

Деталюм придают размеры и форму соответствующие требованиям посредством пластической деформации;

- Комбинированная

Литосварные; кованосварные; кованолитые; штампосварные.

## **По типу конструкции запорных органов**

### **Клиновые задвижки**

Клиновые задвижки – это задвижки, у которых подвижный элемент затвор имеет форму клина. Задвижка клиновая содержит корпус, цельный клин. Цельный клин взаимодействует с седлами. Седла загерметизированы относительно корпуса сварным швом. Сварной шов наложен на внутренней поверхности элементов седла и канавки. Канавка выполнена в проточном канале корпуса. Сварной шов наложен на торец седла и стенку канавки. Стенка канавки перпендикулярна оси корпуса и расположена в проточном канале корпуса.

Преимуществом является повышенная герметичность проходного отверстия в закрытом состоянии, а также к преимуществам можно отнести относительно небольшое усилие, необходимое для обеспечения уплотнения.

К недостаткам конструкции относится невысокая надежность узла затвора, так как самоустановка седел обеспечивается увеличенными зазорами между седлами и корпусом и наличием эластичных уплотняющих колец между ними. При прохождении через задвижку рабочей среды с содержанием механических примесей не исключена возможность попадания твердых частиц в зазор между седлами и корпусом, что приведет к невозможности самоустановки седел, а значит, и нарушению герметичности затвора.

На рисунке 1 изображен фрагмент клиновой задвижки в разрезе.

В зависимости от условий эксплуатации выделяют несколько конструктивных исполнений клиновых задвижек:

- с жестким клином;
- с двухдисковым клином;
- с упругим клином.

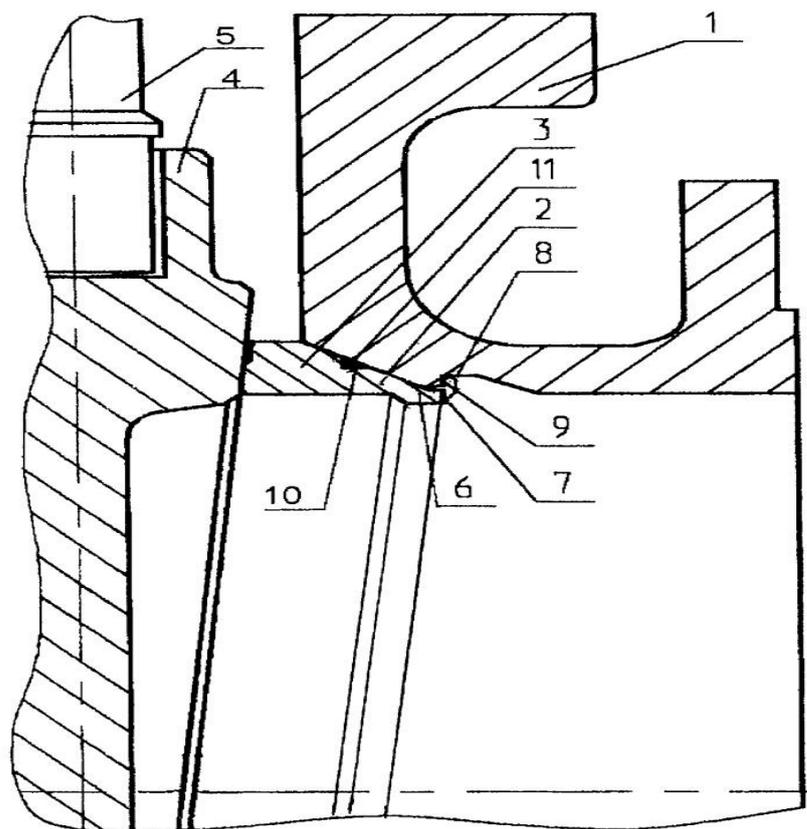


Рисунок 1 – вид в разрезе

Корпус 1 имеет гнездо 2, в котором самоустанавливается седло 3 под действием клина 4, управляемого шпинделем 5. Седло 3 имеет юбочку 6, оканчивающуюся торцом 7, а в корпусе 1 выполнена канавка 8 со стенкой 9, перпендикулярной оси корпуса 1. Как вариант между седлом 3 и корпусом 1 может быть установлено кольцо 10 из эластомерного материала в канавке 11 седла 3. [10]

### **Задвижка с жестким клином**

Клиновья задвижка содержит корпус, затвор в виде жесткого клина, контактирующего боковыми поверхностями с седлами, уплотнительные кольца. Боковые поверхности жесткого клина выполнены сферическими, на них подвижно закреплены уплотнительные кольца, контактирующие внутренней конической плоскостью со сферическими поверхностями клина, а внешней плоскостью с седлами.

Внутренняя плоскость кольца расположена под углом  $\lambda$  к внешней плоскости кольца. Задвижка снабжена прижимными элементами, которые закреплены в проточках, выполненных на сферических боковых поверхностях клина. Изобретение направлено на повышение герметичности затвора задвижки, снижение возможности задиров уплотнительных поверхностей затвора при открытии под высоким перепадом давления среды и устранение возможности заклинивания затвора в гнезде корпуса путем самоустановки уплотнительных колец без нарушения контакта между уплотнительными поверхностями седел и колец. Применение цельного клина создает жесткую и надежную конструкцию, но при колебаниях температуры возможно заклинивание клина.

Клиновое задвижка состоит (см. рисунок 2) из корпуса 1, в котором расположены седла 2, затвор 3, выполненный в виде жесткого клина 4, закрепленного на штоке 5. Боковые поверхности клина 4 выполнены сферическими. На боковой сферической поверхности установлены уплотнительные кольца 6, внутренняя плоскость 7 которых выполнена конической и расположена по отношению к внешней плоскости 8 под углом  $\lambda$ , где угол  $\lambda$  это - угол конусной поверхности. Задвижка снабжена прижимным элементом 9, имеющим форму ступенчатого фланца. На боковой сферической поверхности клина 4 выполнена проточка 10, в которой закреплен прижимной элемент 9, взаимодействующий с выемкой 11 кольца 6. Прижимной элемент 9 закреплен с помощью болтов 12 или любым другим способом крепления. [11]

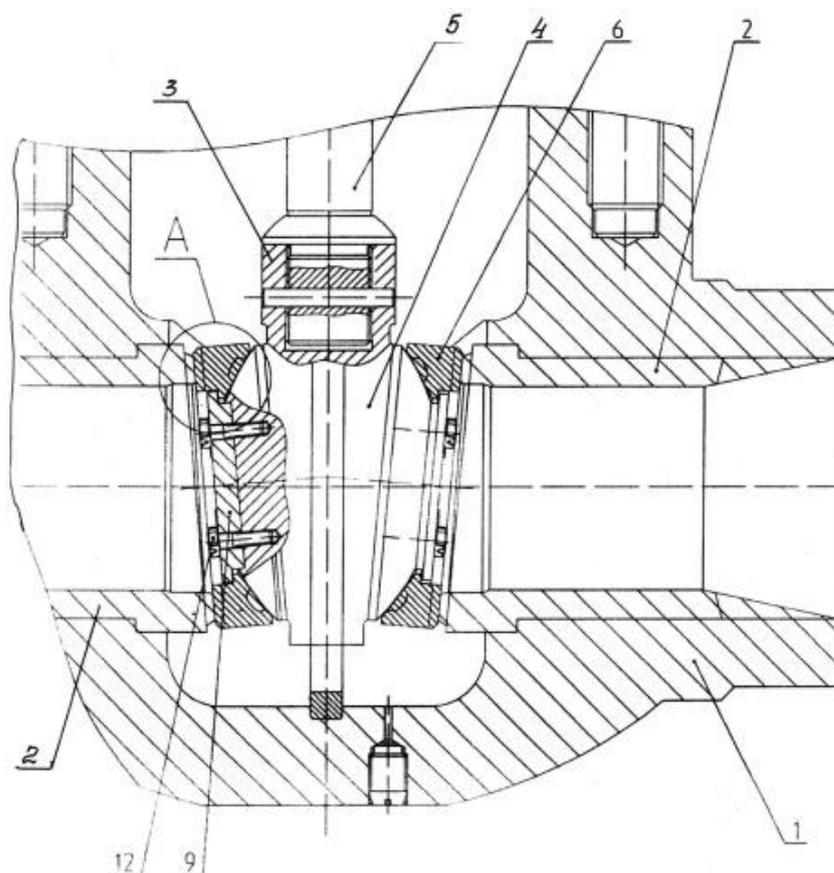


Рисунок 2 – Общий вид задвижки

### **Задвижка с двухдисковым клином**

Задвижка клиновая содержит корпус с проходным отверстием и вертикальными направляющими в виде пазов, два запирающих диска, головку-клин и два элемента давления. Головка-клин представляет собой фигуру, полученную при пересечении двух одинаковых цилиндров, оси которых расположены под острым углом друг к другу. Точка пересечения центров оснований цилиндров совпадает с центром основания головки-клина. Элементы давления представляют собой два сухаря, размещенных между головкой-клином и запирающими дисками. Сухари имеют по две цилиндрические перпендикулярные друг другу поверхности, одну - вогнутую, сопряженную с цилиндрической поверхностью головки-клина, другую - выпуклую, сопряженную с цилиндрическими поверхностями, которые выполнены в гнездах запирающих дисков. Использование

изобретения позволяет повысить технологичность конструкции и надежность задвижки. Недостатком такой задвижки является высокая вероятность заклинивания параллельных дисков в корпусе при деформациях трубопровода, вызываемых колебаниями температур.

Сущность задвижки поясняется чертежом, где на рисунке 3 изображена задвижка клиновая в закрытом положении, в продольном разрезе; на рисунке 1.4 - в поперечном разрезе; на рисунке 1.5 - разрез А-А.

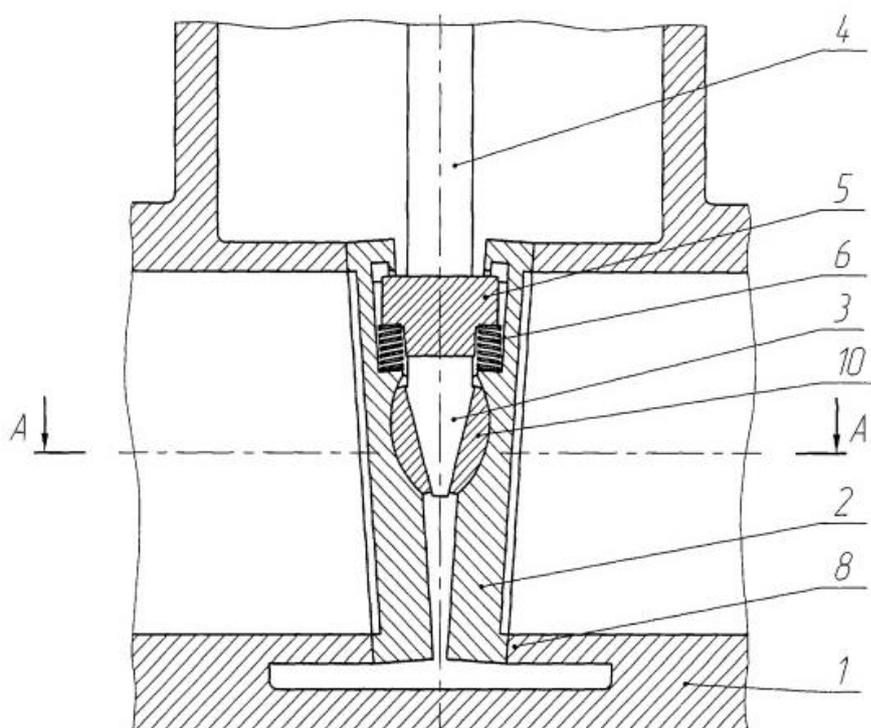


Рисунок 3 – в закрытом положении

В корпусе 1 задвижки клиновой расположены два запирающих диска 2, головка-клин 3, выполненная заодно на выдвигном шпинделе 4. На шпинделе 4 установлены упоры 5 и пружины 6. В корпусе 1 выполнены направляющие пазы 7 и седла 8. Каждый запорный диск 2 имеет цилиндрическое гнездо 9 для сухаря 10 и два выступа 11, которые упираются в упоры 12 корпуса задвижки. Сухари 10 одной цилиндрической поверхностью садятся в цилиндрические гнезда 9 запирающих дисков 2, на другую цилиндрическую поверхность, перпендикулярную первой, упирается

головка-клин 3 выдвижного шпинделя 4. [12]

### **Задвижка с упругим клином**

Устройство относится к арматуростроению, а именно к задвижкам, и предназначено для использования в качестве запорной арматуры на технологических трубопроводах тепловых и атомных станций, предприятий нефтеперерабатывающей, химической и других отраслях промышленности. Клиновая задвижка с упругим клином содержит корпус. Между уплотнительными полями корпуса помещен упругий клин. Упругий клин состоит из двух конических дисков. Конические диски связаны пальцем через центральное отверстие дисков. Бурт пальца взаимодействует с внутренними поверхностями дисков. С наружных сторон палец соединен с дисками сваркой. Бурт пальца выполнен либо сферическим, либо коническим. Ответная охватываемая поверхность дисков выполнена либо конической, либо сферической. Изобретение направлено на повышение работоспособности задвижки путем снижения степени деформации упругого клина при перекрытии потока рабочей среды с высокими температурными параметрами.

На рисунке 4 изображен продольный разрез задвижки; на рисунке 5 - вид I на рисунок 4

Задвижка состоит из корпуса 1 с закрепленными в нем седлами 2, уплотнительные поля 3 которых взаимодействуют с уплотнительными полями 4 конических дисков 5 и 6, в центральные отверстия 7 и 8 установлен палец 9 с буртом 10, радиусные или наклонные поверхности 11 которого взаимодействуют с ответными коническими или сферическими поверхностями 12 дисков 5 и 6. Наружные стороны 13 и 14 пальца 9 соединены с дисками 5 и 6 сваркой. Диски 5 и 6 управляются шпинделем 15. [13]

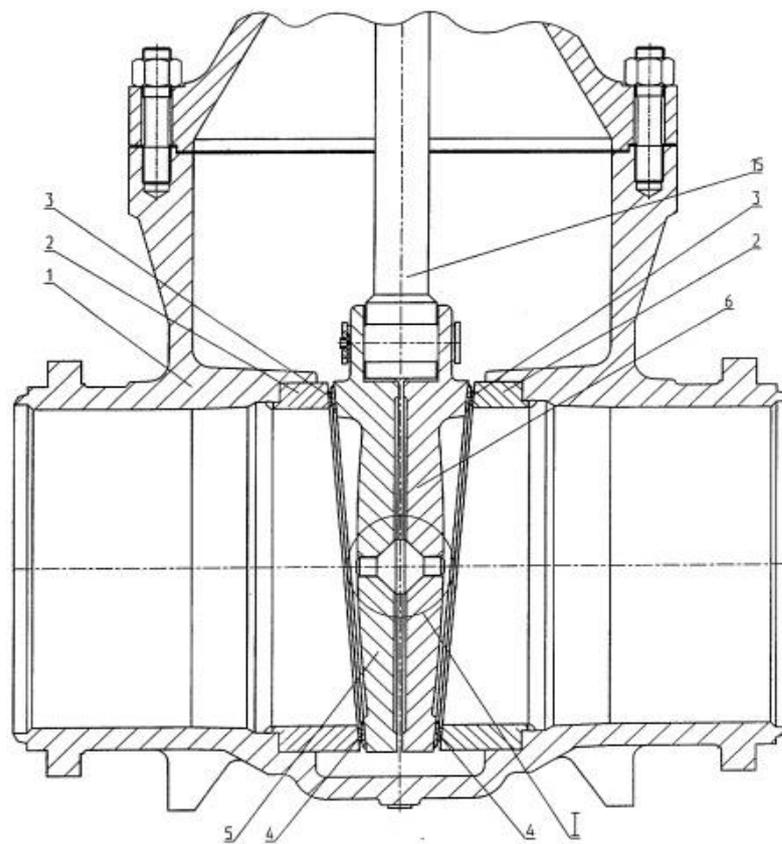


Рисунок 4 – Продольный разрез задвижки

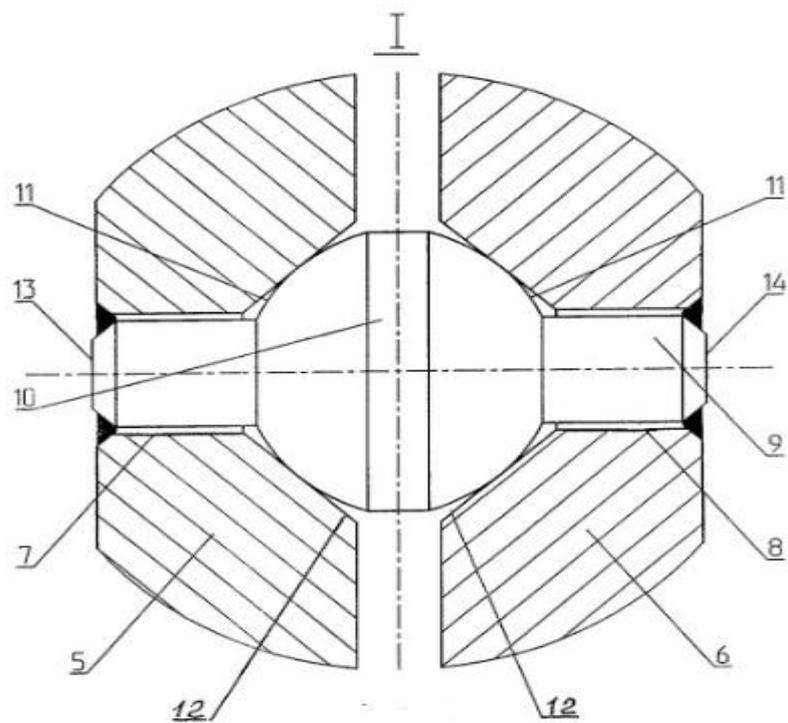


Рисунок 5 – Вид I на рисунок 4

## **Параллельные задвижки**

Использование: в устройствах, транспортирующих водные суспензии абразивных материалов в виде пульпы. Сущность задвижки: в проходном канале корпуса закреплено седло и размещен шибер с уплотнительной поверхностью и скосами. В боковых расточках корпуса расположены эксцентриковые втулки, в каждой из которых размещен стержень. На образующей поверхности каждой расточки выполнены диаметрально расположенные пазы, в которых размещено фиксирующее устройство. Каждый стержень выполнен с кольцевым выступом. Фиксирующее устройство выполнено в виде диаметрально расположенных на выступе с возможностью перемещения в пазах расточки пальцев, оси которых параллельны оси стержня. Пазы расточки корпуса со стороны, обращенной к днищу, выполнены со скосом.

Недостатки: достаточно большой расход энергии требуемый на закрытие открытие, обусловленный тем, что на всем пути движения привод преодолевает трение между уплотнительными поверхностями сёдел и затвора; значительный износ уплотнительных поверхностей.

Параллельные задвижки подразделяют по конструкции запирающего элемента:

- однодисковые задвижки;
- двухдисковые задвижки.

## **Однодисковые задвижки**

Однодисковая задвижка (шиберная) (рисунок 6) включает в себя литой корпус 3 с патрубками 2. Два седла 5 ввинчены в корпус; изготовлены из 22 легированной стали и застопоренных шпильками 6. Затвор (шибер) 1, выполнен с виду как щит со скругленным концом, имеющий в нижней части отверстие, которое равно диаметру прохода. Затвор на этапе закрытия

затворки спускается вниз; проход перекрывает глухая часть шиберов. Затвор связан со шпинделем 12, который приводится в движение маховиком. Внутренняя полость затворки сверху ограничена крышкой 9 с закрепленными на ней стойкой 15 и выходным элементом привода 14.

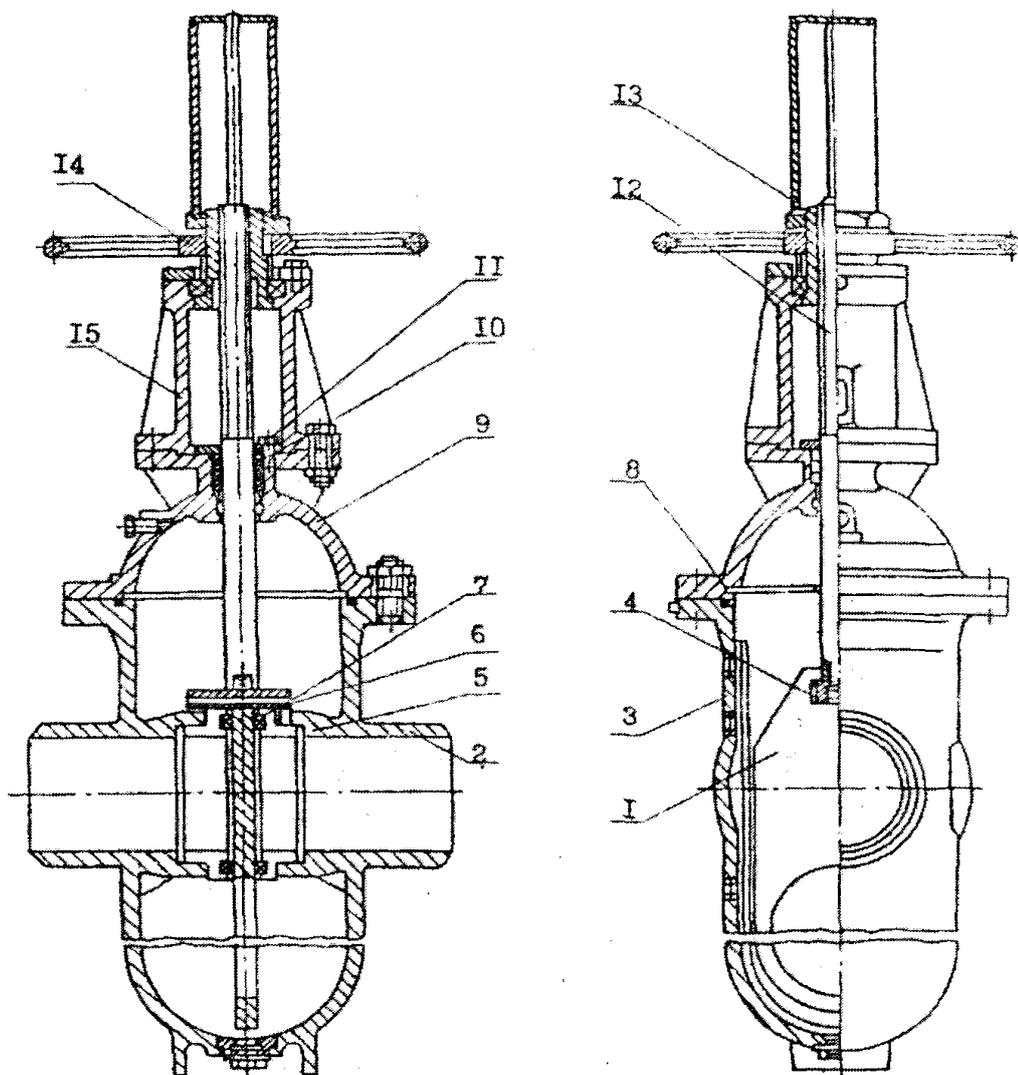


Рисунок 6 – Параллельная однодисковая задвижка

Для обеспечения герметизации прохода на седлах закреплены уплотняющие кольца 7. Шпиндель связан с шибером 1 с помощью узла крепления 4. Как и в стандартных конструкциях задвижек с выдвижным шпинделем, верхний конец шпинделя огражден от загрязнения кожухом 13, имеющим указатель положения. На крышке в верхней части находится сальник 10. Однодисковые параллельные задвижки используют тогда, когда

не требуется высокая герметичность прохода. Жесткая конструкция затвора позволяет применять их для достаточно больших рабочих давлений и температур рабочей среды. Шибберные задвижки достаточно легки в обслуживании и ремонте. Величину износа порой очень легко скомпенсировать при ремонте смещением (вывертыванием) сёдел. Шибберные задвижки изготавливают как с выдвижными, так и невыдвижными шпинделями.

### **Двухдисковые параллельные задвижки**

Двухдисковая параллельная трубопроводная задвижка с выдвижным шпинделем содержит корпус с патрубками-щеками, затворные диски и крышку с сальниковым узлом. Затворные диски подвешены на шпинделе через подпружиненную и установленную с возможностью движения в заданных пределах вдоль шпинделя тягу. Тяга обеспечивает опускание и подъем затворных дисков между щеками, допуская незначительные поперечные перемещения затворных дисков в процессах их прижатия к щекам и отжатия от щек. При закрытии и открытии задвижки тяга садится на упор в корпусе по мере достижения затворными дисками при их опускании положения напротив щек. Шпиндель снабжен элементами, образующими со скосами, выполненными на затылочной стороне затворных дисков, клиновые механизмы для их перпендикулярного прижатия и отжатия.

В процессах закрывания-открывания указанной задвижки происходит взаимное относительное скольжение дисков с щеками под усилием клина, износ рабочих поверхностей, а при попадании твердых частиц между ними их порча. Из-за износа со временем затворные диски опускаются все ниже, поэтому диаметры дисков выполняют с определенным «запасом», т.е. больше, чем требуется при отсутствии износа. Указанное увеличение диаметра дисков влечет увеличение габаритов и массу корпуса. Частицы износа загрязняют проходящую через задвижку среду. Взаимное

относительное движение под усилием клина затрудняет применение для уплотнения более мягких, чем сталь, и эластичных материалов: медь, алюминий, их сплавы, резину и т.д. Расположение сальникового узла с внешней стороны увеличивает габариты задвижки и длину шпинделя.

На рисунке 7 (а) приведен общий вид задвижки в состоянии зависания затворных дисков напротив щек в начале прижатия их, на (б) - то же, в конце прижатия дисков к щекам, на (в) - поперечный разрез по центру дисков с показом уступа для зацепления диска со стороны напора среды для отрыва противоположного диска в процессе открытия задвижки.

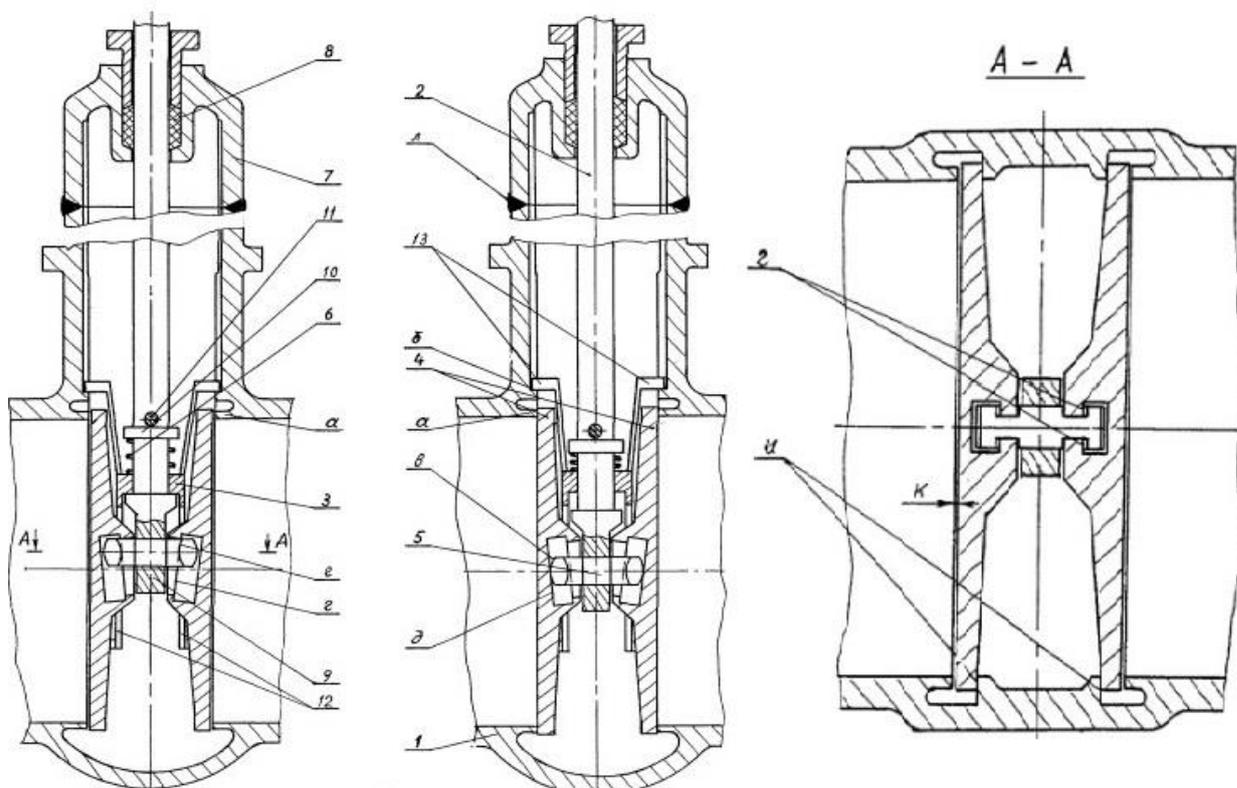


Рисунок 7 - (а,б,в – соответственно)

Задвижка состоит из корпуса 1 со щеками a, выдвигного шпинделя 2, подвешенных на нем через тягу 3 затворных дисков 4, зацепленного с ними цилиндрического плавающего пальца 5 с полукруглыми концами в и плечами е, пружины 6, крышки 7 с сальниковым узлом 8. Шпиндель 2 внизу оканчивается головкой 9, на стержне шпинделя неподвижно расположено кольцо 10. Шпиндель 2 может двигаться только в вертикальном направлении,

от поворота удерживается штырем 11, движущимся вместе со шпинделем по вертикальной канавке корпуса.

У двухдисковых параллельных задвижек есть ряд преимуществ перед шиберными задвижками:

- уплотнительные поверхности дисков и сёдел корпуса почти не подвержены износу;
- в закрытом положении имеет высокую степень герметизации прохода;
- при закрывании имеет более меньшее усилие (на маховике или приводе).

Однако в тоже время при усложнении конструкции затвора такие задвижки приобретают и недостатки, которые ограничивают их применение: отсюда нежесткая конструкция затвора; зависимость в направляющих движениях затвора, что обуславливает усложнение конструкции и технологии обработки корпусов.

### **Шиберные задвижки**

Шиберная задвижка предназначена для визуального определения положения шибера в любой момент времени. Шиберная задвижка содержит корпус, шибер, крышку, невыдвижной шпиндель с установленным за посадочным местом под маховик на резьбовой поверхности указателем хода с фиксатором. Последний взаимодействует с установленным на крышке стопором. Задвижка снабжена резьбовой втулкой, закрепленной на шпинделе и взаимодействующей с кольцевым указателем хода. Резьбовая втулка выполнена со стороны, обращенной к маховику, с буртом и регулируемым упором, установленным параллельно шпинделю в указателе хода. Стопор выполнен в виде закрепленного своей горловиной на крышке стакана с нанесенной на него маркировкой крайних положений шибера и с пазами, в которые введен фиксатор указателя хода.

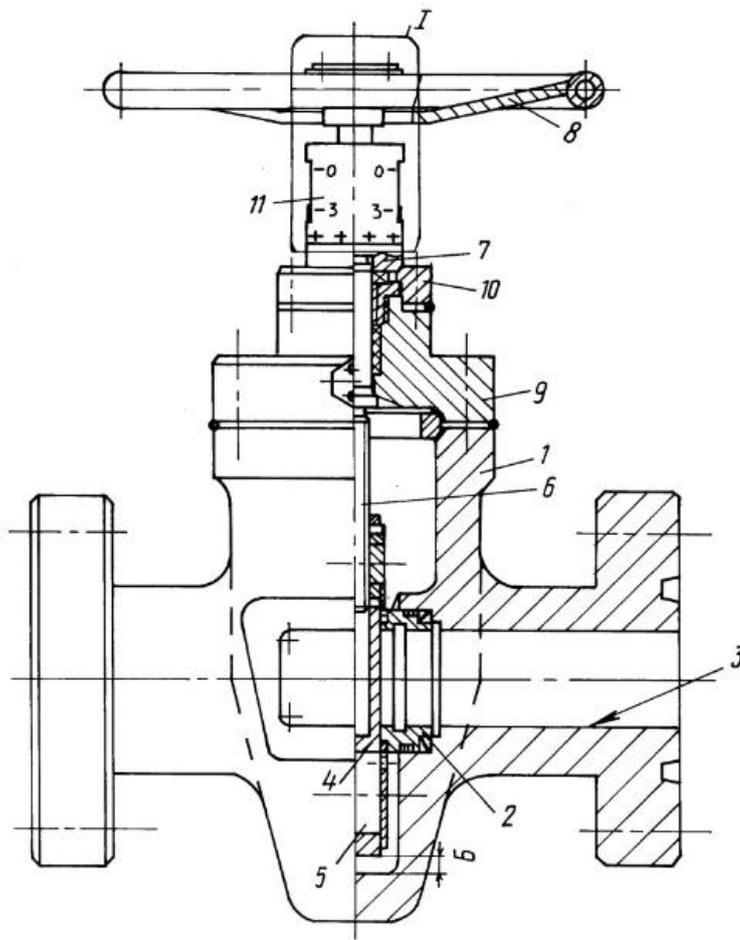


Рисунок 8 - Главный вид шиберной задвижки

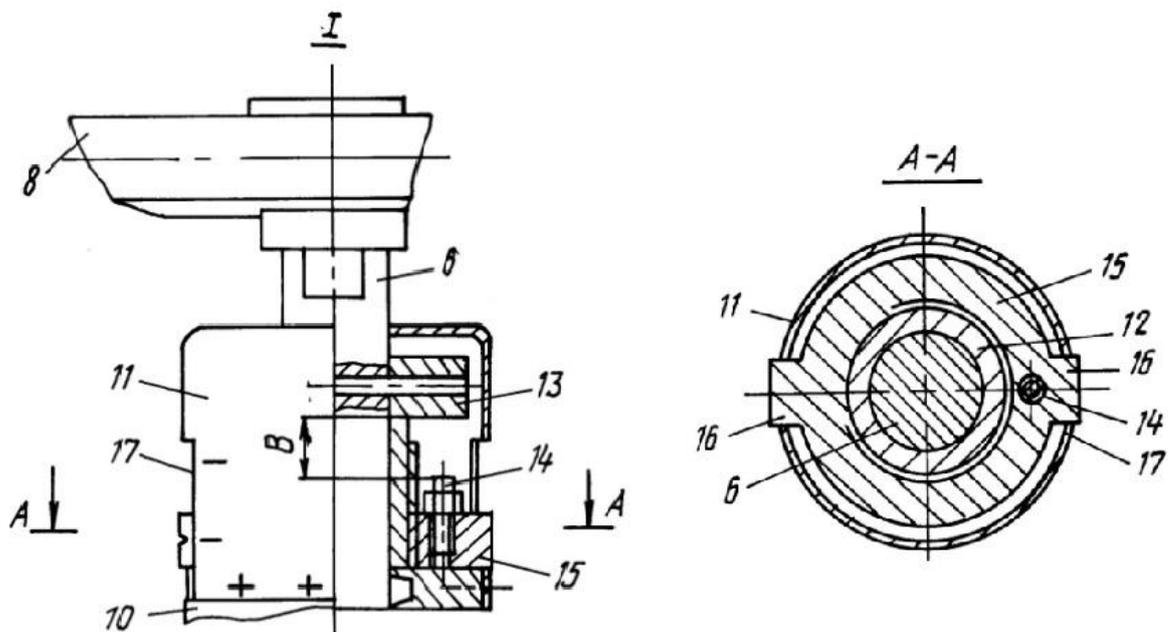


Рисунок 9 - вид I на рис. 8 с разрезом А-А

Задвижка состоит из корпуса 1, установленных в нем седел 2 с каналом 3, уплотняющего шибера 4 с каналом 5, управляемого шпинделем 6 закрепленного в подшипниковом узле 7 и смонтированного на нем маховика 8. Корпус 1 закрыт коробкой сальника 9, крышкой 10, на которой закреплен стопор 11, охватывающий резьбовую втулку 12 (рисунок 9) с буртом 13 (рисунок 9), взаимодействующим с регулируемым упором 14, установленным в указателе хода 15, имеющем фиксаторы 16 (выполненные, например, в виде ушек) (рисунок 9), помещенные в пазы 17 стопора 11, на наружной поверхности которого имеются метки "О" и "З", что означает "открыто" и "закрыто"

### **По расположению ходового узла**

Расположение ходового узла имеет большое значение для работы и области применения задвижек. По расположению ходовой узел располагают внутри задвижки в рабочей среде или снаружи корпуса.

Различают задвижки:

- С выдвигным шпинделем
- С невыдвигным шпинделем

### **Задвижка с выдвигным шпинделем**

Использование: изобретение относится к трубопроводной арматуре, преимущественно к плоским задвижкам с двухдисковым запорным органом и выдвигным шпинделем. Сущность: задвижка клиновья с выдвигным шпинделем содержит корпус с патрубками и седлами, расположенный в корпусе двухдисковый запорный орган с клиновым замком, соединяющим запорный орган со шпинделем. Клиновья замок выполнен из двух клиньев: несущего и распорного. Несущий клин установлен на шпинделе с возможностью перемещения вдоль шпинделя. Распорный клин установлен

внутри несущего. На днище корпуса задвижки установлен упор, ограничивающий перемещение несущего клина. В дисках запорного органа со стороны, обращенной к несущему клину, выполнены ступенчатые отверстия. Боковые грани несущего клина выполнены с П-образными впадинами и отверстиями. Во впадинах установлены диски запорного органа с возможностью перемещения перпендикулярного граням несущего клина. В ступенчатых отверстиях дисков и отверстиях несущего клина установлены нажимные перепускные клапаны со сфероцилиндрической наружной поверхностью с возможностью взаимодействия с распорным клином. Несущий клин снабжен верхней пластиной, распорный клин - упорной шайбой и винтовой пружиной, установленной между верхней пластиной и упорной шайбой.

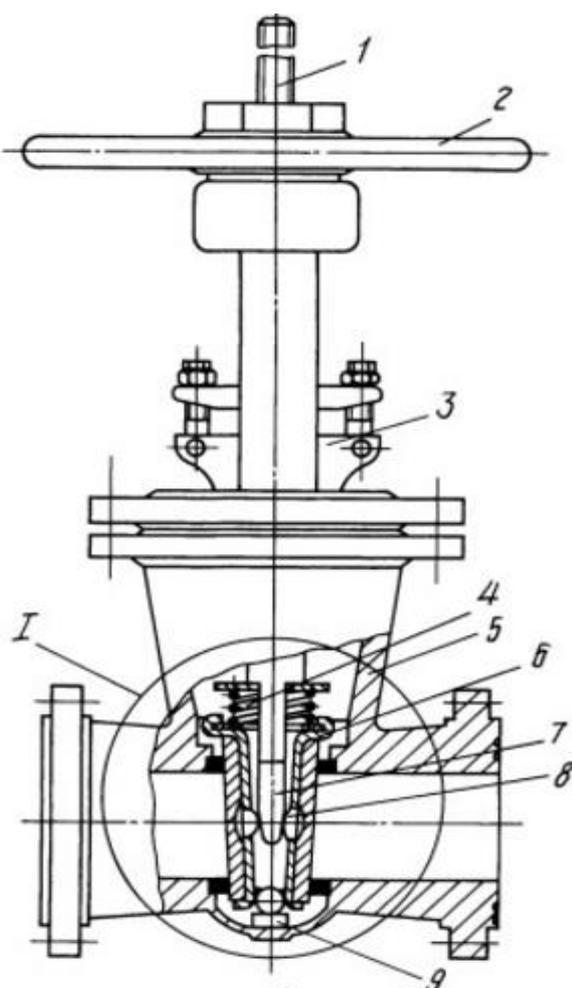


Рисунок 10 – задвижка в разрезе

1 выдвижной шпindel; 2 штурвал вращения ходовой гайки; 3 сальниковый узел; 4 винтовая пружина, выполнена из коррозионнстойкой стали или покрыта коррозионнстойким покрытием; 5 - корпус задвижки; 6 несущий клин; 7 распорный клин, выполнен из коррозионнстойкого материала или покрыт коррозионнстойким покрытием; 8 - сфероцилиндрический выступ диска; 9 упор, ограничивающий перемещение несущего клина;

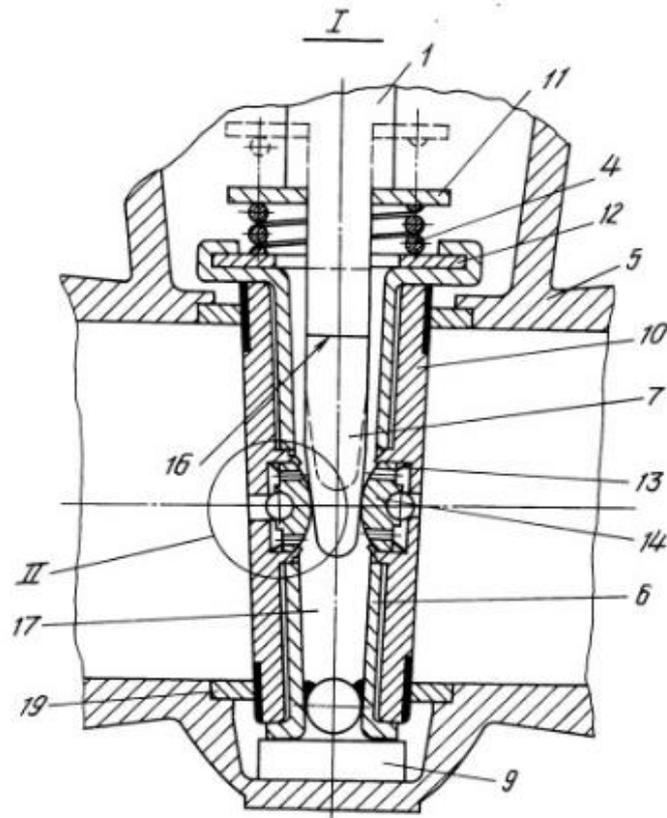


Рисунок 11 - сечение задвижки в зоне затвора

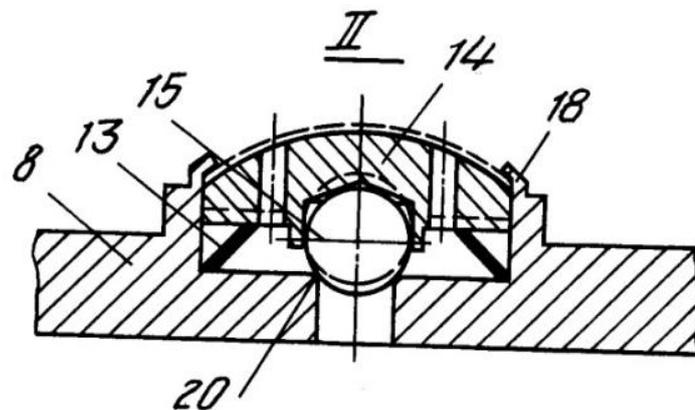


Рисунок 12 - сечение перепускного нажимного клапана

10 диск запорного органа задвижки, направлен твердым сплавом или снабжен коррозионностойким покрытием; 11 упорная шайба, выполнена из коррозионностойкого материала или покрыта коррозионностойким покрытием; 12 - верхняя пластина несущего клина, выполнена из коррозионностойкого материала так же, как несущий клин; 13 коррозионностойкая тарельчатая пружина; 14 - перепускной нажимной клапан; 15 шарик, завальцованный в торец перепускного нажимного клапана, выполнен из коррозионностойкого металла или покрыт коррозионностойким покрытием; 16 выступ распорного клина, выполнен в плоскости, перпендикулярной плоскости чертежа, размер выступа больше диаметра отверстия в пластине 12; 17 внутренняя полость задвижки; 18 выступы диска, обеспечивающие завальцовку клапана 15 от выпадения; 19 седло запорного органа задвижки, выполнено из нержавеющей стали или твердого сплава; 20 - седло запорного органа задвижки, выполнено из нержавеющей стали или твердого сплава; 21 седло перепускного нажимного клапана.

Недостатки:

- значительное увеличение высоты задвижки (из-за выхода шпинделя);
- необходима защита от загрязнений и коррозии выступающую резьбовую часть шпинделя;
- предохранение шпинделя от механических повреждений или ударов, которые в свою очередь могут разрушить резьбу.

Помимо этого, при монтаже над задвижкой необходимо предусматривать свободное место, что весьма неудобно при ее установке на одном из пересекающихся трубопроводов.

### **Задвижка с невыдвижным шпинделем**

Устройство содержит кованный корпус с закрепленными в нем седлами. Седла уплотнены при закрытии клином с двухсторонними боковыми впадинами. Седла перемещаются под действием штока по ответным

направляющим корпуса. Направляющие корпуса выполнены съемными и в сечении представляющими круг со скошенным сегментом, к основанию которого примыкает с заплечиками с каждой стороны основания профиль, эквидистантный профилю впадин клина. Круглые части направляющих помещены в согласованные отверстия корпуса. Противоположная часть направляющих взаимодействует со впадинами клина. Части направляющих выполнены разновеликими. Верхний конец высокой части снабжен элементом для разборки, например, сквозным отверстием.

Недостатки данной задвижки:

- резьбовая пара подвергается непосредственному воздействию рабочей среды;
- работа сальника ухудшается;
- трудно доступен для осмотра и ремонта системы винт-гайка.

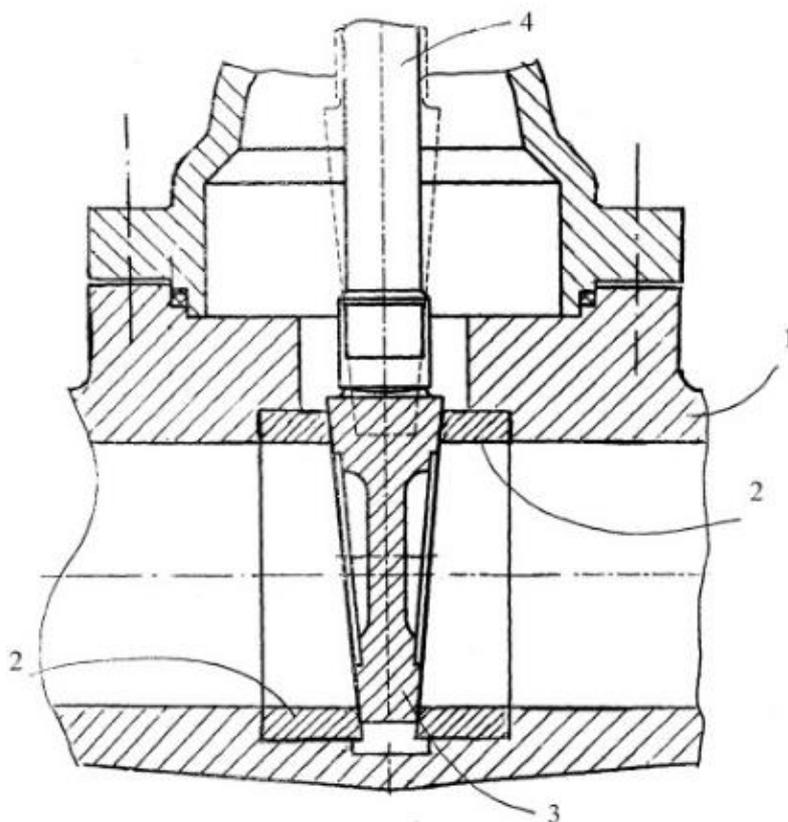


Рисунок 13 - продольный разрез клиновой задвижки

1 – корпус; 2- сёдла; 3 – клин; 4 – шток.

## 2.2. Приводы запорной трубопроводной арматуры

Для механизированного и автоматизированного управления арматурой применяются различные типы приводов:

- пневматические;
- гидравлические;
- пневмогидравлические;
- электроприводы.

При выборе учитываются параметры: интенсивность работы привода, место установки арматуры, удобство в обслуживании, взаимосвязь с различной аппаратурой, взрыво- и пожаробезопасность окружающей среды и экономические показатели. В нефтегазовой промышленности гидравлические приводы используются в особых случаях. Более широко применяются пневматические приводы с мембранным исполнительным механизмом, которые используются в регулирующей арматуре для непрерывного регулирования потоков рабочей среды в трубопроводных системах. Наибольшее распространение получили электроприводы, используемые для запорной и регулирующей газопроводной арматуры, так как они используют наиболее доступный вид энергии — электроэнергию.

[14]

### **Пневматический привод**

Использование: в области машиностроения, в частности, в силовых пневмоприводах для управления трубопроводной арматурой в нефтегазодобывающей промышленности. Сущность: пневмопривод задвижки и крышка корпуса имеют фланцы, шарнирно соединенные между собой и имеющие пазы, образующие окно, через которое производят демонтаж сборного штока. При этом поршень нагружен пружиной.

Недостатком указанного привода задвижки является невозможность замены уплотнений штока без демонтажа силового цилиндра с его дальнейшим складированием, что приводит к увеличению времени ремонта

фонтанной арматуры. Известна дистанционно управляемая задвижка, содержащая корпус с шибером, цилиндр с поршнем, шток, который связан со шпинделем, внутри которого установлен шестигранный стержень со втулкой.

Недостатком указанного устройства является также невозможность штока без полного демонтажа силового цилиндра, что значительно увеличивает время ремонта фонтанной арматуры. Задачей данного привода является сокращение времени замены уплотнения штока. Достигается это за счет того, что пневмоцилиндр и крышка корпуса снабжены фланцами, шарнирно соединенными между собой и имеющих пазы, которые образуют окно, через которое производят демонтаж сборного штока, снабженного соединительным элементом. Причем ось соединения штока параллельна оси шарнирного соединения фланцев. Кроме того, поршень имеет пружину.

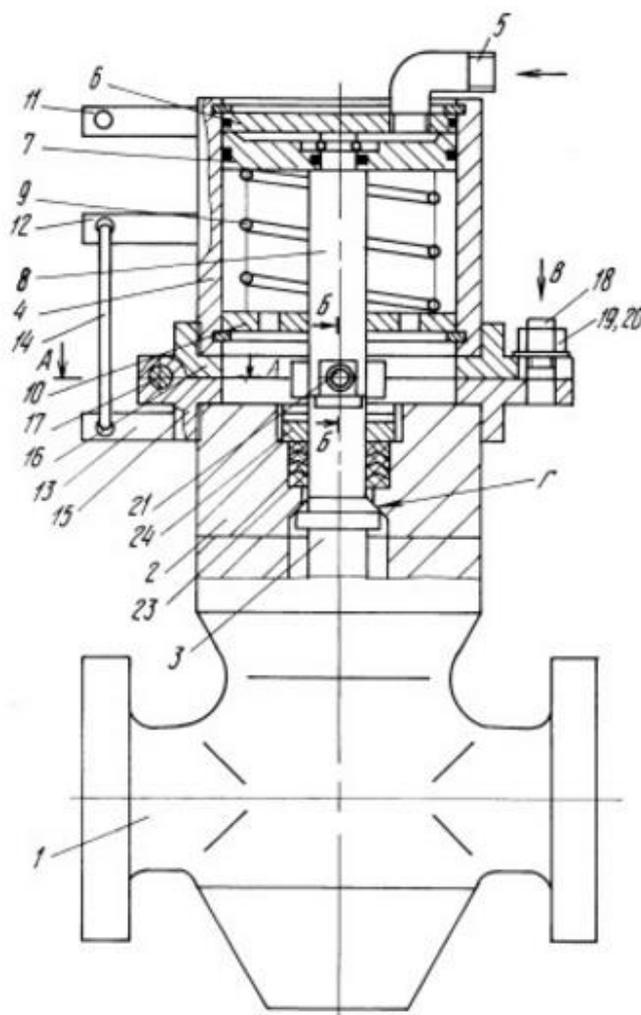


Рисунок 14 – Пневмопривод задвижки в рабочем положении

Пневмопривод задвижки состоит из корпуса 1, крышки задвижки 2, нижнего штока 3, гильзы пневмопривода 4, штуцера подвода воздуха 5, верхней крышки 6, поршня 7, верхнего штока 8, пружины 9, нижней крышки 10, верхнего кронштейна 11, промежуточного кронштейна 12, нижнего кронштейна 13, фиксатора 14, неподвижного фланца 15, подвижного фланца 16, оси 17, шпильки 18, гайки 19, шайбы 20, пальца 21, стопорных колец 22, набора уплотнений 23, гайки 24. Подвижный 16 и неподвижный 15 фланцы имеют пазы, расположенные друг над другом и образующие окно, в котором расположен узел соединения нижнего 3 и верхнего 8 штоков. [15]

### Гидравлический привод

Использование: на трубопроводах жидких и парообразных сред.

Сущность изобретения: шток поршня двуполостного гидроцилиндра механически связан с задвижкой. Задвижка расположена между входным и выходным патрубками. Полости соединены через распределитель с входным патрубком и линией слива, соединенной с полостью аккумулятора, а через обратный клапан - с входным патрубком. Фиксатор крайнего положения поршня выполнен в виде подпружиненного или магнитного захвата, установленного в полости гидроцилиндра. Аккумулятор снабжен охлаждающим устройством.

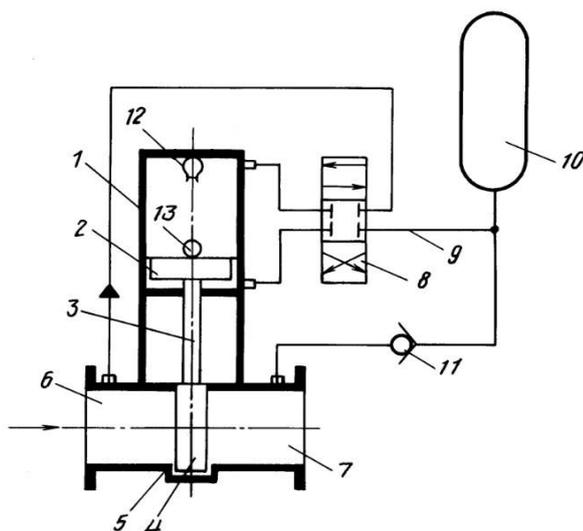


Рисунок 15 – Гидропривод задвижки в разрезе

Гидропривод содержит гидроцилиндр 1 с поршнем 2, шток 3 которого механически связан с задвижкой 4, установленной в корпусе 5 с входным 6 и выходным 7 патрубками. Полости гидроцилиндра 1 через распределитель 8 соединены с патрубком 6 и линией 9 слива. Последняя соединена с полостью аккумулятора 10 и через обратный клапан 11 с патрубком 7. Аккумулятор 10 снабжен вентилем (не показан) для напуска воздуха или газа. Фиксатор крайнего положения поршня 2 может быть выполнен в виде пружинного захвата 12 выступа 13 поршня 2.

Гидропривод действует следующим образом.

Для открытия задвижки включают распределитель 8. Жидкая среда из патрубка 6 поступает в подпоршневую полость и начинает сливаться из надпоршневой полости по линии 9 через клапан 11 в патрубок 7. Когда давление в патрубке 7 начнет превышать давление в линии 9, клапан 11 закроется и слив среды будет происходить в аккумулятор 10, наполняя его и сжимая находящийся в нем воздух или газ. В крайнем положении поршня 2 выступ 13 входит в захват 12, чем обеспечивается фиксация задвижки 4. Затем отключают распределитель 8, при этом обе полости гидроцилиндра 1 находятся под одинаковым давлением среды, поддерживаемым подпиткой через зазор между штоком 3 и стенкой гидроцилиндра 1, линия 9 на распределителе 8 заглушена, клапан 11 закрыт.

### **Пневмогидравлический привод**

Пневмогидравлический привод поршневого типа применяется для управления трубопроводной арматурой на газопроводах. На рисунке 16 показана схема работы привода. Управление пневмогидравлическим приводом осуществляется электропневмоклапанами: «О» – открытие; «З» – закрытие; «Н» – набивка.

Пневмогидравлический привод действует следующим образом: Во время подачи сигнала на открытие действует клапан "О" для подачи газа в пневматический цилиндр привода на открытие крана и клапан "Н"

обеспечивает подачу газа в цилиндр мультипликатора и подачу смазки в корпус крана на уплотнительные кольца, чтобы отжать пробку крана и облегчить ее поворот. Когда подается сигнал на закрытие срабатывает клапан "З" для подачи газа в пневматический цилиндр привода на закрытие крана и клапан "Н" далее обеспечивает подачу газа в цилиндр мультипликатора и подачу смазки в корпус крана. Мультипликаторы также применяются для обеспечения надежной герметизации крана в положении «закрыто».

Давление в системе смазки больше, чем давление газа.

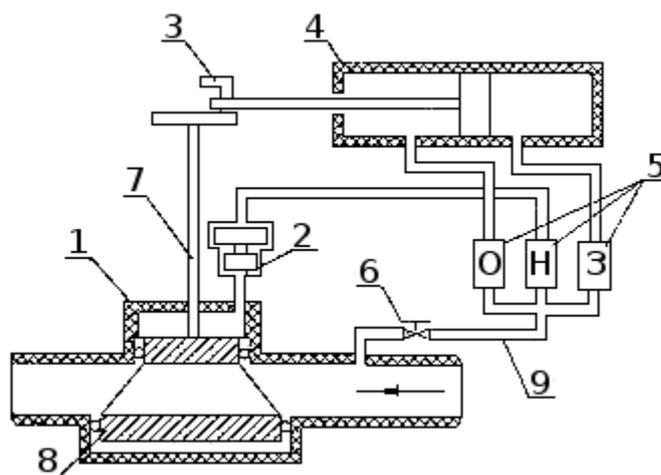


Рисунок 16 – Схема пневмогидравлического привода

Где 1 — корпус крана; 2 — мультипликатор; 3 — концевой выключатель; 4 — пневмогидравлический привод; 5 — электропневматические клапаны; 6 — вентиль запорный; 7 — шпиндель крана; 8 — коническая пробка крана; 9 — коллектор импульсного газа.

### Электроприводы

Электроприводы пользуются широкой распространенностью в силу своих бесспорных преимуществ перед остальными видами приводов. Данные приводы пользуются электроэнергией только лишь в период работы, возможность включения на месте или дистанционно, тем самым упрощает автоматическое управление процессами, во время управления

электроприводом задержки во времени подачи и исполнения команды незначительны. Относительная экономичность использования электроприводов растет при увеличении площади обслуживания или расстояния, с которого непосредственно проводится управление. Кинетическая энергия вращающихся частей используется, например, для открытия задвижек с затвором, заземленным в корпусе.

Арматурная отрасль в наше время изготавливает две группы электроприводов. В первую группу входят все электроприводы, имеющие муфту крутящего момента одностороннего действия, во вторую — с муфтой двустороннего действия. Вторая группа электроприводов славится универсальностью, возможность управления любой арматурой, унифицированная конструкция в нормальном и взрывозащищенном исполнении.

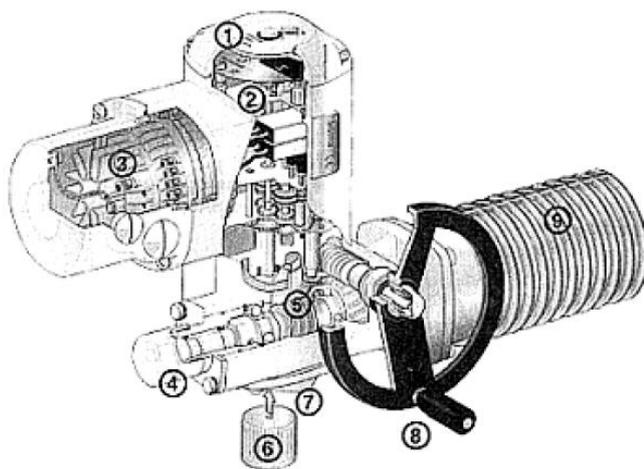


Рисунок 17 - Электропривод

Принцип работы существующих электроприводов состоит в следующем. Электродвигатель передает вращение через редуктор (зубчатый, червячный, цилиндрический и планетарный) на выходной вал привода. Последний в свою очередь приводит во вращение ходовую гайку или шпindelь арматуры. Исполнительный механизм ходового узла преобразует вращательное движение в поступательное, за счет чего шпindelь перемещает затвор относительно седла корпуса арматуры. Ход затвора ограничен отключением

электродвигателя от сети с помощью выключателя, который разрывает цепь питания. В роли выключателя может быть путевой, в случае если конструкция арматуры такова, что её затвор достаточно привести в требуемое положение, или муфтовый, если конструкция арматуры требует поджатия затвора к седлу с определенным усилием.

Электроприводы монтируют на запорной арматуре, которая используется на нефтепроводах, газопроводах, на объектах атомных, тепловых электростанций, так же в химической промышленности и прочих отраслях. Специально для этого привода заводы-производители создают задвижки под электропривод (то есть в них предусмотрено место для крепления электропривода и присоединения его с основными элементами задвижки). Тип электропривода задвижки подбирается в соответствии с тем, какая задвижка будет применяться, какой тип исполнения нужен и какие параметры рабочей среды (давление, характер рабочей среды и т.д.)

Параметры электроприводов:

- Взрывобезопасное исполнение.
- Тип редуктора: червячный, зубчатый, цилиндрический или планетарный редуктор.
- Способ отключения в крайних положениях: электрический с помощью реле ограничивающее максимальную силу тока; механический с помощью муфты, которая ограничивает крутящий момент; комбинированный входит как в электрический, так и в механический.
- Способ присоединения привода с штоком запорной арматуры: втулкой с кулачками и втулкой с квадратом.

В наше время изготавливают электроприводы нового поколения повышенной надежности, которые имеют двустороннюю муфту ограничения крутящего момента общего назначения, взрывозащищенное исполнение. [16]

На рисунках 18 – 21 представлены различные виды приводов.

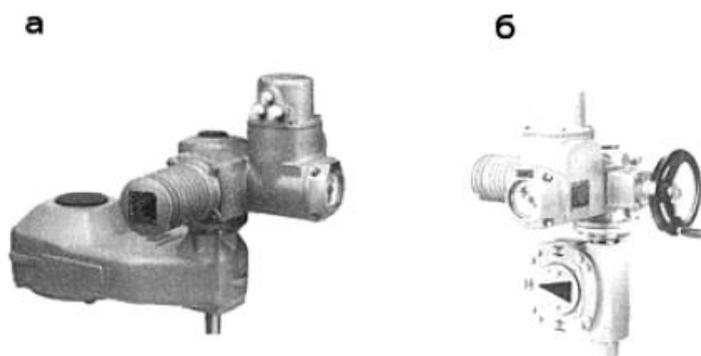


Рисунок 18 – Многооборотные приводы в комбинации с редуктором:

а — комбинация с коническим редуктором; б — комбинация с червячным редуктором.

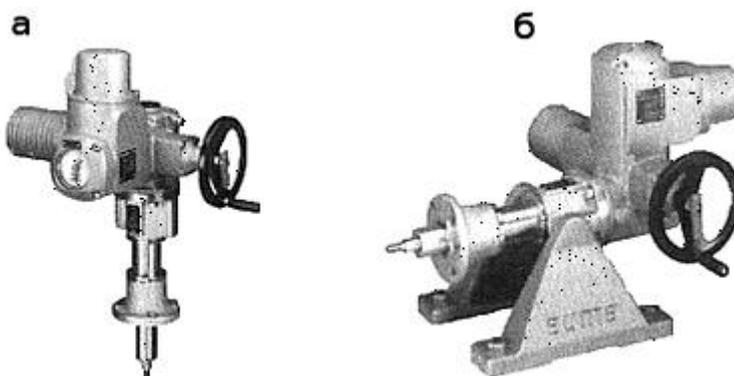


Рисунок 19 – Прямоходные приводы: а — SA; б — LE

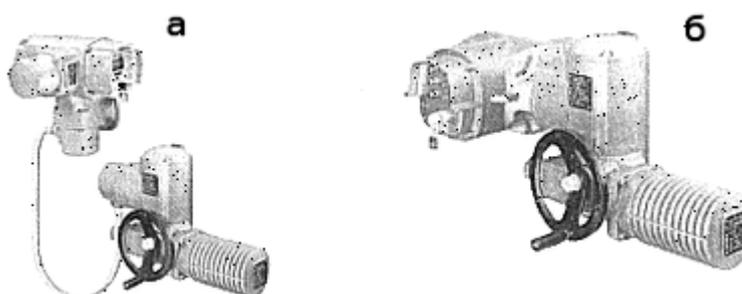


Рисунок 20 - Неполнооборотный привод: а — с управлением AUMATIC;

б — с интегрированным управлением AUMAMATIC.

В нефтегазовой промышленности используются взрывобезопасные электрические приводы. Их можно применять в закрытых помещениях, где

возможно образование взрывоопасных смесей газов или паров горючих жидкостей с воздухом, а также на открытом воздухе при температуре от минус 40 до плюс 50 °С.

### 2.3. Планетарная роliko-винтовая передача

Планетарная передача винт – гайка с короткими резьбовыми роликами (см. рисунки 21– 22) была изобретена в 1950 г. Страндгреном. Дальнейшее усовершенствование этой конструкции проводилось во Франции, США, Швейцарии, ФРГ.

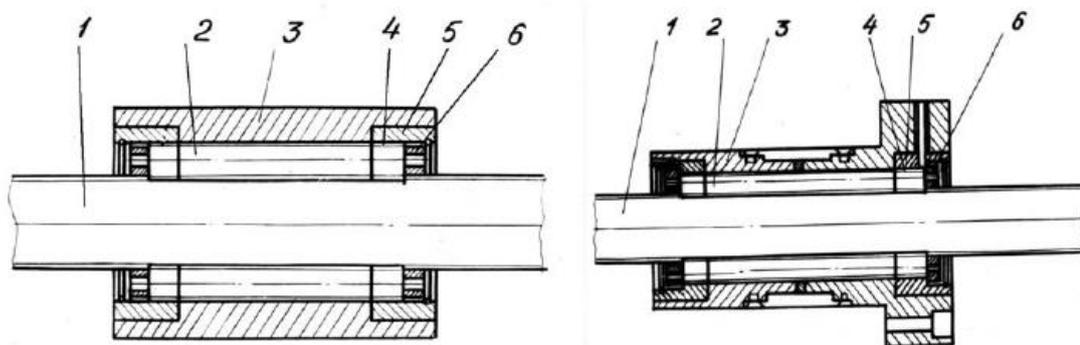


Рисунок 21 – Передачи винт-гайка с короткими резьбовыми роликами:  
1 – винт; 2 – резьбовые ролики; 3 – гайка 4 – зубчатые венцы ролика; 5 –  
зубчатые венцы гайки; 6 – сепаратор.

Она схожа по конструкции с роликовыми подшипниками, поскольку тоже содержит промежуточные тела качения - резьбовые ролики-сателлиты. Ролики находятся между винтом и гайкой, на которых нарезана многозаходная треугольная резьба, профиль которой образован прямыми линиями. Профиль резьбы роликов выпуклый, образованный дугой окружности. Длина резьбовой части роликов равна длине резьбовой части гайки. Углы подъема резьбы роликов и гайки выполнены равными, что предотвращает осевое перемещение роликов относительно гайки. Для равенства углов подъема резьбы гайки и роликов отношение числа заходов резьбы гайки и роликов равно отношению средних диаметров их резьбы. При вращении гайки или винта ролики совершают планетарное движение. Чтобы ролики обкатывались по гайке без проскальзывания, а также для обеспечения параллельности осей винта и

роликов на концах роликов нарезаны зубчатые венцы, входящие в зацепление с зубчатым венцом гайки. Чтобы проскальзывание резьбы роликов относительно резьбы винта не приводило к изменению передаточной функции передачи, число заходов резьбы винта равно числу заходов резьбы гайки. Т.е. передаточная функция определяется подъемом резьбы винта. Цапфы роликов установлены в сепараторы, которые обеспечивают постоянство равномерного распределения роликов по окружности. Угол подъема резьбы винта выполнен отличным от угла подъема резьбы роликов, что приводит к осевому смещению винта относительно гайки с роликами.

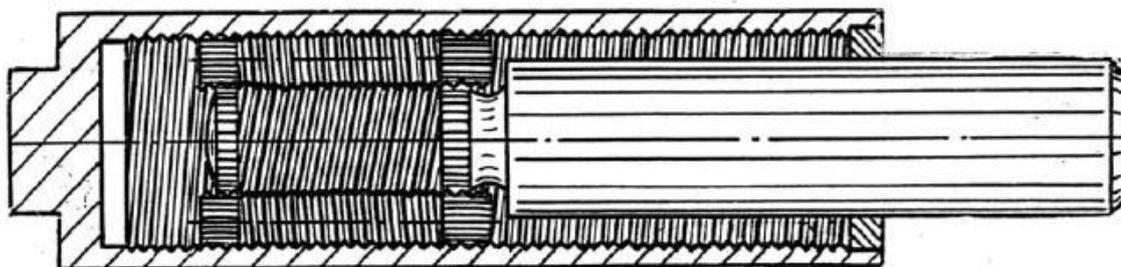


Рисунок 22 - Передача Страндгрена (вторая конструкция) с осевым перемещением гайки относительно блока роликов и винта

Ролико-винтовая передача с опорным винтом (см. рисунок 22) также была изобретена Страндгреном в 1950 г. Она отличается от описанной выше конструкции тем, что длина резьбовой части роликов выполнена равной длине резьбовой части винта. Углы подъема резьбы винта и роликов равны по величине и противоположны по направлению, а угол подъема резьбы гайки выполнен отличным по величине от угла подъема резьбы роликов. Таким образом при вращении винта или гайки ролики совершают планетарное движение, а гайка смещается в осевом направлении относительно роликов и винта. Аналогично предыдущей конструкции для предотвращения проскальзывания в резьбе ролики дополнительно связаны с винтом зубчатым зацеплением. Длина резьбовой части гайки должна превышать ход передачи на длину роликов. Передаточная функция передачи определяется подъемом резьбы гайки, что позволяет получать малые

значения осевого смещения за оборот ведущего звена по сравнению с передачами с опорной гайкой.

Ролико-винтовые передачи обладают рядом преимуществ, но их достижение возможно только при решении комплексного проектирования конструкции и технологии изготовления всех деталей передачи. При проектировании важно корректно учитывать особенности кинематики передачи и характер внутреннего силового взаимодействия.

Свойства ролико-винтовых передач характеризуются следующими основными параметрами:

- передаточная функция;
- статическая грузоподъемность;
- ресурс;
- кинематическая точность;
- КПД;
- осевая жесткость.

Отличительной особенностью ролико-винтовых передач является многоточечный контакт витков резьбы винта, роликов и гайки. Осевая нагрузка передается через поверхности контакта во внутреннем резьбовом зацеплении роликов с гайкой и далее во внешнем резьбовом зацеплении роликов с винтом. Поскольку профили резьбы винта и гайки треугольные, образованные прямыми линиями, а профиль резьбы роликов выпуклый, образованный дугой окружности, первоначальный контакт без нагрузки в зацеплениях точечный. Положение точки контакта зависит от соотношения углов подъема сопрягаемых резьбовых деталей. Приложение осевой нагрузки приводит к появлению пятна контакта неправильной формы. Размеры, форму и положение пятна контакта определяют нагрузка в зацеплении и геометрия контактирующих поверхностей. Кроме этого нужно учитывать тот факт, что из-за неизбежных погрешностей изготовления резьбы распределение нагрузки по виткам резьбы будет неравномерным. Причем при увеличении нагрузки

будет изменяться число взаимодействующих витков, а, следовательно, и осевая жесткость передачи. Кинематическая погрешность передачи складывается из накопленной и периодической составляющей и обусловлена в основном погрешностью изготовления резьбы по шагу.

Таким образом, все основные характеристики роliko-винтовой передачи зависят от точности изготовления резьбовых деталей, которая в свою очередь зависит от экономически обоснованного выбора технологии нарезания резьбы. [17]

### Конструкции ПРВП

Вначале рассмотрим конструкции, выполненные в соответствии с первым методом получения осевого перемещения и представляющие собой модернизированную версию традиционных передач, а после усовершенствованные нетрадиционные передачи.

Для улучшения параметров таких как долговечность и жесткость передач с короткими роликами разработаны конструкции, в которых вместо классических подшипников применяются опорные гайки (рисунок 23)

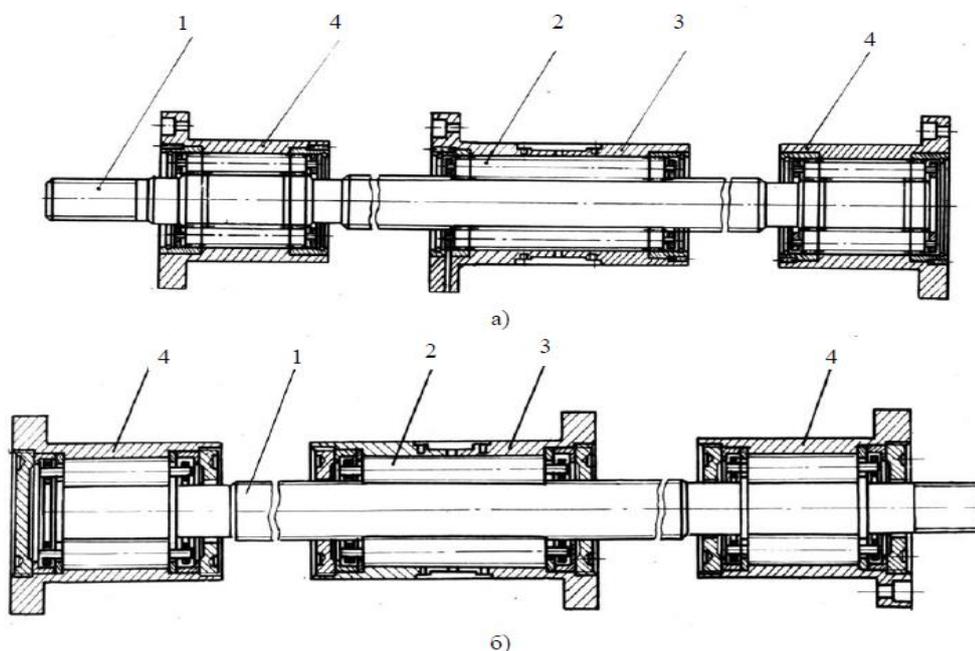


Рисунок 23 - Передачи с короткими резьбовыми роликами с опорными гайками, имеющими дополнительные связи

Конструкция передачи (см. рисунок 23, а) включает в себя винт с двумя участками резьбы, резьбовые ролики, ходовую 3 и опорную 4 гайку. Угол подъема резьбы гаек равен углу подъема резьбы роликов. Опорный участок винта, соответствующий опорной гайке 4, имеет угол подъема резьбы равный по величине и противоположный по направлению углу подъема резьбы роликов. У роликов сопряжение как с опорным участком винта, так и с опорной гайкой – полюсное.

Чтобы предотвратить проскальзывание роликов вдоль витков резьб опорной гайки и опорного участка винта на резьбовые сопряжения роликов с гайкой и винтом накладываются дополнительные связи. Дополнительные связи накладываются на резьбовые сопряжения роликов с гайкой и винтом, чтобы предотвратить проскальзывание роликов вдоль опорного участка и витков резьб опорной гайки. Данные связи выполняются в виде зубчатых зацеплений равно тому, как это сделано в сопряжении ролика и ходовой гайки известной передачи или в качестве осевых ограничителей резьбовых роликов.

При вращении винта роликами совершается планетарное движение, и они обкатываются по резьбовым поверхностям опорной гайки и опорного участка винта. В это время осевое движение опорной гайки относительно опорного участка винта не происходит. Гайки 3 и 4 изготавливаются одинаковыми. С предварительным растяжением винта две опорные гайки закрепляют с двух сторон концы винта.

В 1976 г. была разработана передача с резьбовыми роликами в трех исполнениях, которые соответствуют второму методу получения осевого перемещения, у которых ходовая гайка выполняется с традиционной (короткой) длиной резьбы, а у роликов с нетрадиционной длиной резьбы, превышающей длину резьбы ходовой гайки на величину ее максимального осевого перемещения. Длина резьбы винта выполнена в соответствии с длиной резьбы ролика.

Первая заявка на патент по передаче с длинными резьбовыми роликами была подана автором в 1976 г. на первое исполнение конструкции, который изображен на рисунке 24. Передача осевого усилия от ходовой гайки через ролики и винт на стандартные опорные подшипники, в которых установлен винт – является особенностью, отличающей эту конструкцию. Во втором исполнении осевое усилие от ходовой гайки передается через блок длинных роликов и винта на опорные кольца с внутренней конической поверхностью. Недостатком первых двух исполнений является ограничение грузоподъемности и жесткости передачи соответственно грузоподъемностью и жесткостью винта с опорным подшипником и конического сопряжения концов роликов с опорным кольцом.

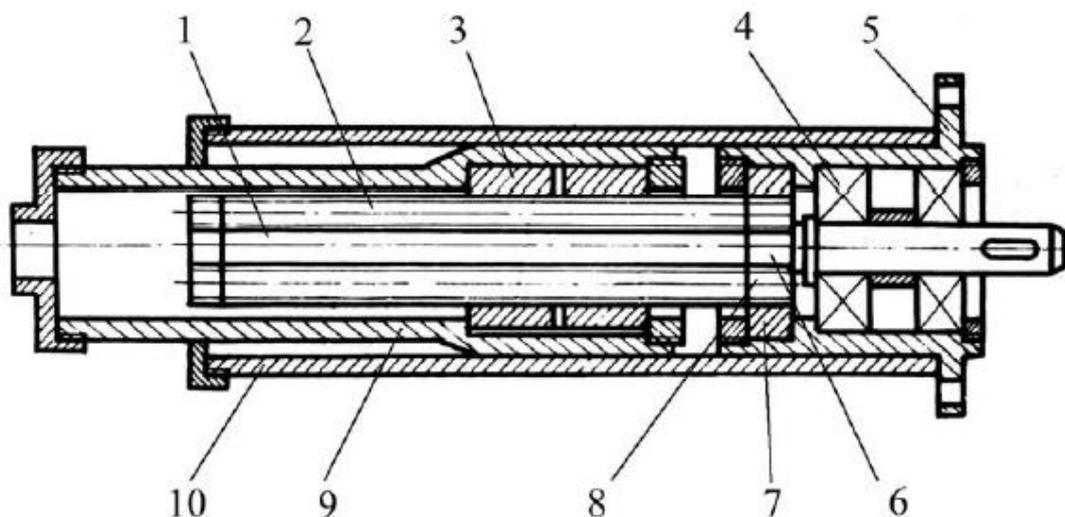


Рисунок 24 – Конструкция передачи с длинными роликами

В третьем наиболее совершенном исполнении (см. рисунок 25) осевая нагрузка с ходовой гайки передается через блок винта с длинными резьбовыми роликами на опорную гайку. Грузоподъемность и жесткость конструкции не ограничена грузоподъемностью и жесткостью тела винта в отличие от первого и второго исполнения конструкции Страндгрена.

Разработанная автором конструкция получила название - планетарная передача с длинными резьбовыми роликами (ПРВД).

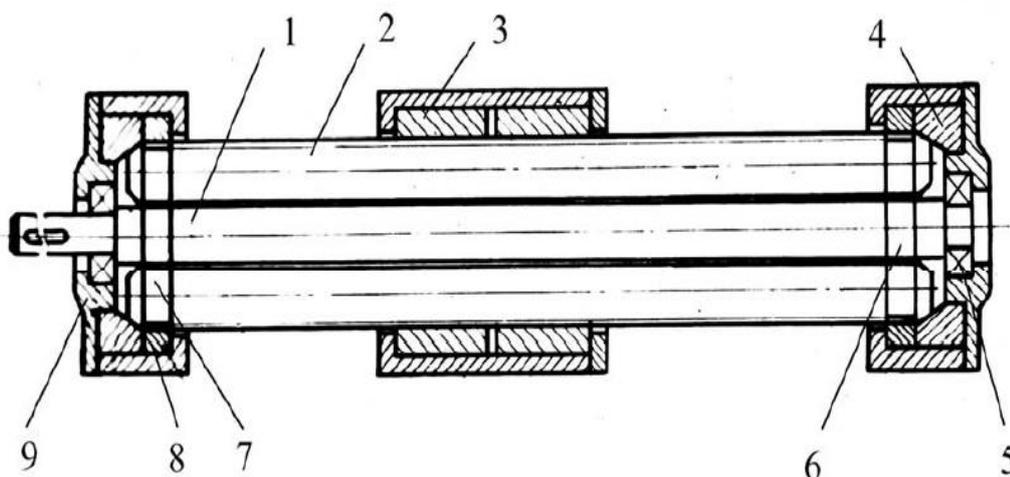


Рисунок 25 – Передача с длинными резьбовыми роликами и опорными гайками

ПРВД включает в себя винт, резьбовые ролики-сателлиты, ходовую и опорную гайки. Дабы предотвратить выкатывание роликов из опорных гаек угол подъёма резьбы на роликах выполняют равным по величине и направлению углу подъёма резьбы на опорных гайках. Также чтобы предотвратить выкатывание винта из набора роликов угол подъёма резьбы на винте выполняют равным по величине, но с противоположным по направлению углу подъёма резьбы на роликах. Во избежание проскальзывания роликов по виткам резьб винта и опорных гаек зубчатые венцы 5 на концах роликов входят в зацепление с зубчатыми венцами 6 винта и зубчатыми венцами 7 опорных гаек. Если проводить внешнюю аналогию с планетарными зубчатыми передачами ЗК, то винт данной передачи подобен солнечному колесу, ролики — это планетарные колеса, опорная гайка соответствует неподвижному коронному колесу, а ходовая гайка подобна подвижному коронному колесу. Ходовая гайка закреплена от вращения, и угол подъёма ее резьбы отличен от угла подъёма резьбы роликов. Во время вращения винта резьбовые ролики катаются по резьбам винта и гайки, совершая планетарное движение, и приводят в движение в осевом направлении ходовую гайку. Гайки выполняются из двух половинок для выборки зазора в передаче. Длина максимального перемещения ходовой гайки

ограничена предельным отношением длины ролика/винта к его диаметру. Такое отношение из технологического соображения лучшего всего принимать не более 30.

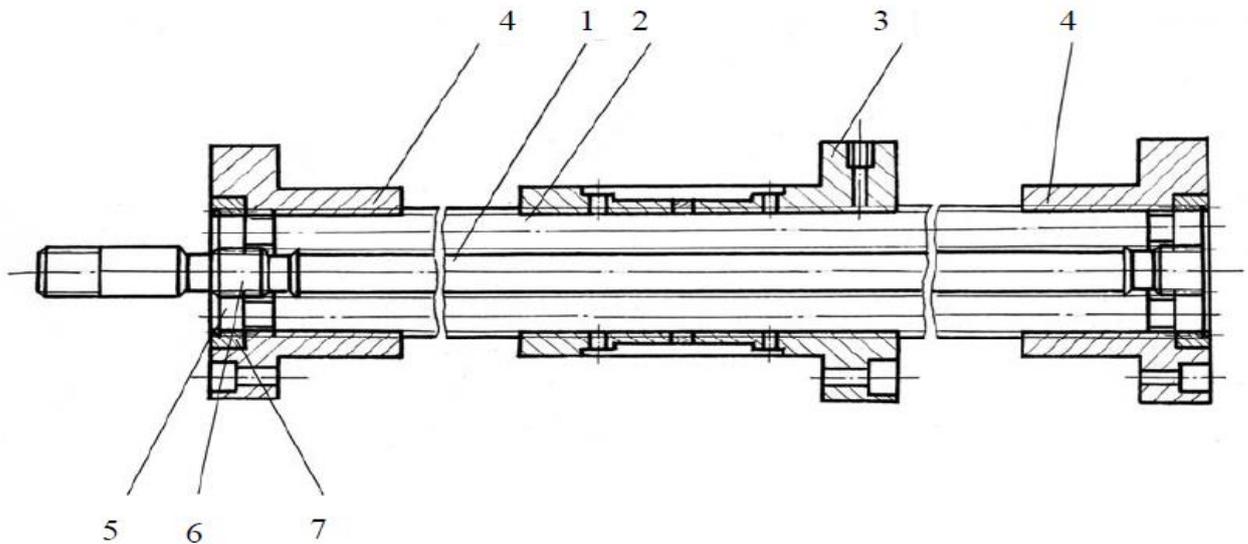


Рисунок 26 – Планетарная передача с длинными резьбовыми роликами и опорными гайками

Более широкие возможности улучшения редукции имеет разработка автора 1985 г. – передача с длинными ступенчатыми роликами (см. рисунок 27). В этой передаче разность углов подъёма резьб ходовой гайки и роликов получается из-за изменения средних диаметров резьб роликов на опорном участке и опорной гайки, по сравнению с соответствующими диаметрами резьб роликов на опорном участке и опорной гайки. Данная черта отличает эту передачу от передач с длинными бесступенчатыми роликами. Согласно этому чем меньше разность средних диаметров резьб на опорном и ходовом участках ролика, тем выше редукция передачи. В опорных и ходовых гайках числа заходов выполняются одинаковыми.

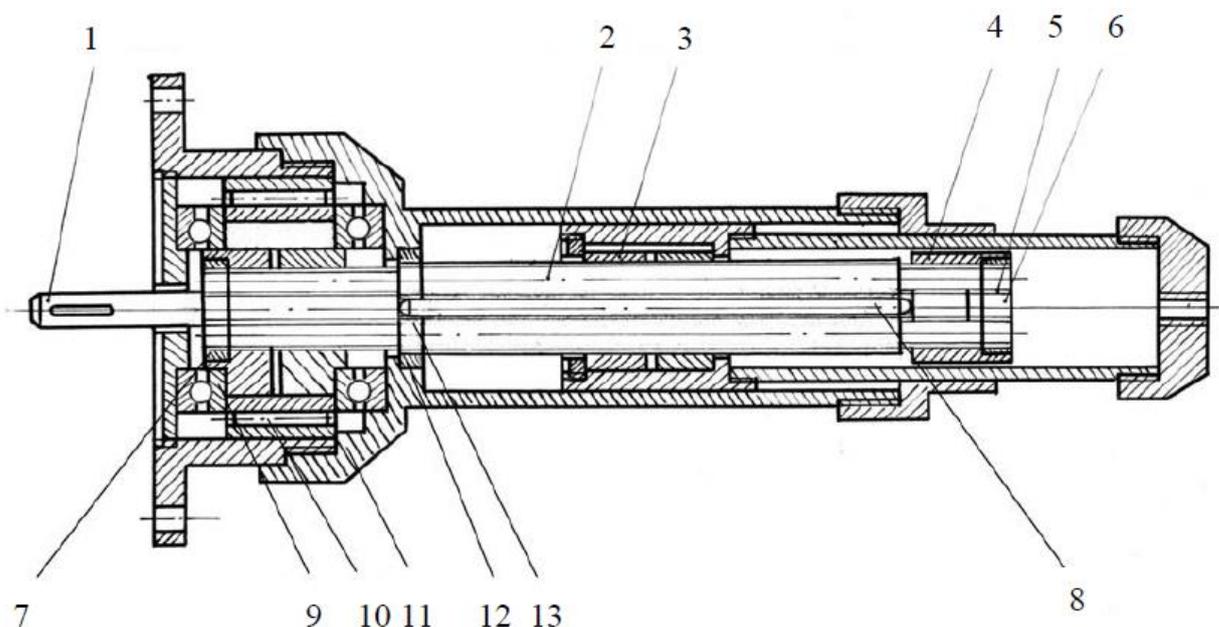


Рисунок 27 – Передача с длинными ступенчатыми роликами

Данная конструкция (см. рисунок 27) включает в себя винт, длинные ступенчатые резьбовые ролики, ходовую и опорную гайки. Ролики выполняются разных диаметров как на ходовом, так и на опорном участках и сопрягаются с опорными участками винта, а также с ходовой и опорной гайками. Зубчатые венцы 5 роликов зацепляются с зубчатыми венцами 6 винта и зубчатыми венцами 7 опорных гаек. Ходовой участок ролика сопрягается с гладким валиком 8, сферические торцы которого находятся в подвижном сопряжении с торцами опорных участков винта. Опорная гайка находится на подшипниках 9,10 в корпусе 11. Зубчатые венцы 13 роликов зацепляются с зубчатыми венцами 12 корпуса передачи. Во время вращения центрального винта ролики планетарно движутся и катятся по поверхностям резьбы винта и гаек 3 и 4. Ходовая гайка 3, которая зафиксирована от вращения, принимает осевое перемещение. Ходовая гайка передает нагрузку на корпус 11 через ролики 2, вращающихся опорной гайки 4 и подшипников 9. Валик воспринимает от роликов только радиальные нагрузки. Валик жестко соединяет два опорных участка винта, но в тоже время он выполнен с радиальным зазором по отношению к ходовым участкам роликов.

## **2. Проектирование привода задвижки на основе ПРВП**

### **3.1. Конструкции электроприводов на основе ПРВП**

Соединение электродвигателя с планетарной роliko-винтовой передачей может быть выполнено по следующим конструктивным схемам:

- а. Вал электродвигателя соединяется с винтом роliko-винтовой передачи через промежуточный червячный редуктор, или зубчатый редуктор, или через промежуточную ременную передачу;
- б. вала электродвигателя соединяется непосредственно с винтом роliko-винтовой передачи;
- в. роliko-винтовая передача встраивается в электродвигатель путем закрепления гайки передачи в роторе электродвигателя.

Различают два вида приводов на базе ПРВП:

- одноканальный привод на базе роliko-винтовой передачи с одной степенью свободы;
- двухканальный привод на базе дифференциальной роliko-винтовой передачи.

Промежуточный редуктор обеспечивает согласование силовых и кинематических параметров электродвигателя и рабочего органа.

Использование промежуточного редуктора влечет за собой повышение массы и габаритов привода, также снижает надежность и кинематическую точности, повышает стоимость привода. Оттого целесообразней применять конструкцию с соединением электродвигателя и ПРВП без промежуточного звена. Напротив, функции промежуточного редуктора могут выполнять или электродвигатель, или передача винт – гайка, или распределяться между ними.

На рисунке 28 проиллюстрирована конструкция электропривода со встроенной передачей с короткими роliками. Электропривод включает в себя винт, резьбовые роliки, гайки, установленные в корпусах 4, закрепленные с двух сторон в роторе 5 электродвигателя и опираются с помощью

подшипников 6 на корпус 7. В корпусе 7 находится в закреплении статор 8. Выборка зазоров и натяг в резьбовых сопряжениях роликов с гайкой и винтом осуществляется благодаря крышкам 9. Во время вращения ротора гайка начинает вращаться вместе с роликами, а винт приобретает осевое перемещение. Конструкцию отличает простота, компактность и высокая надежность и обеспечение получения линейных скоростей винта до 1 м и выше.

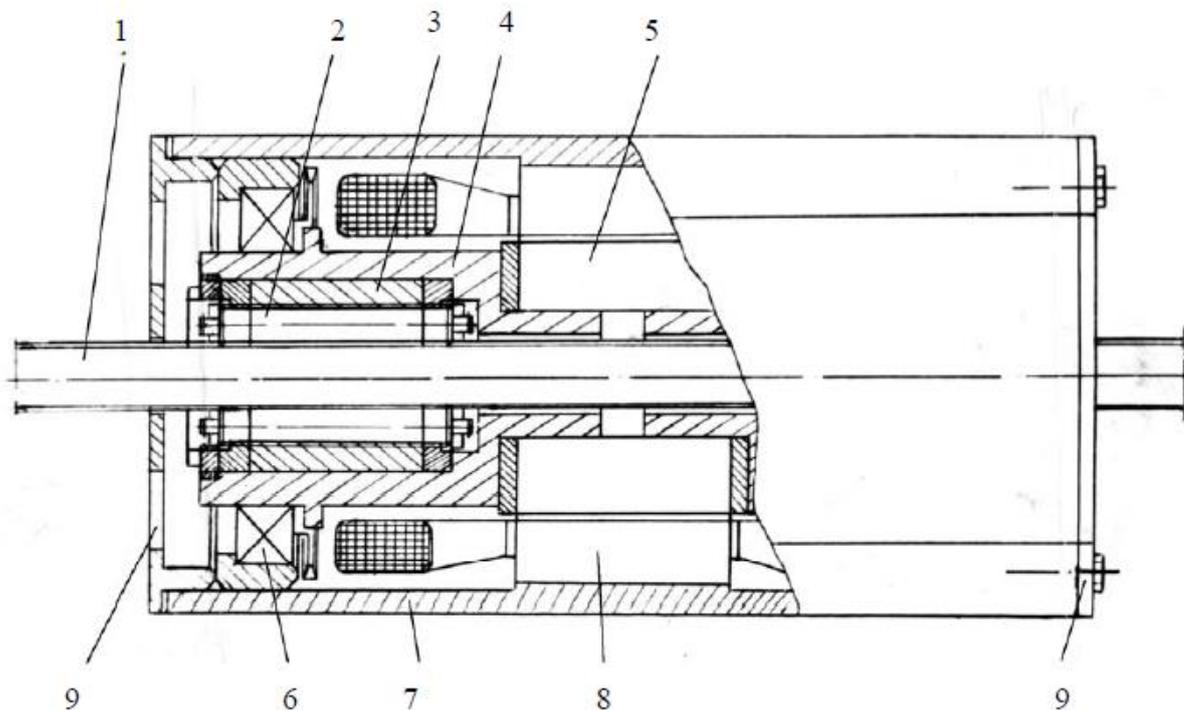


Рисунок 28 – Электропривод со встроенной ПРВП с короткими роликами

Конструкция электропривода на основе передачи с длинными роликами (рисунок 29) обеспечивает быстродействие и высокую точность привода. Электродвигатель включает в себя винт 1, длинные резьбовые ролики 2, ходовую 3 и опорную 4 гайки. Непосредственно к винту закреплен ротор электродвигателя, а на опорной гайке 4 закреплен статор электродвигателя.

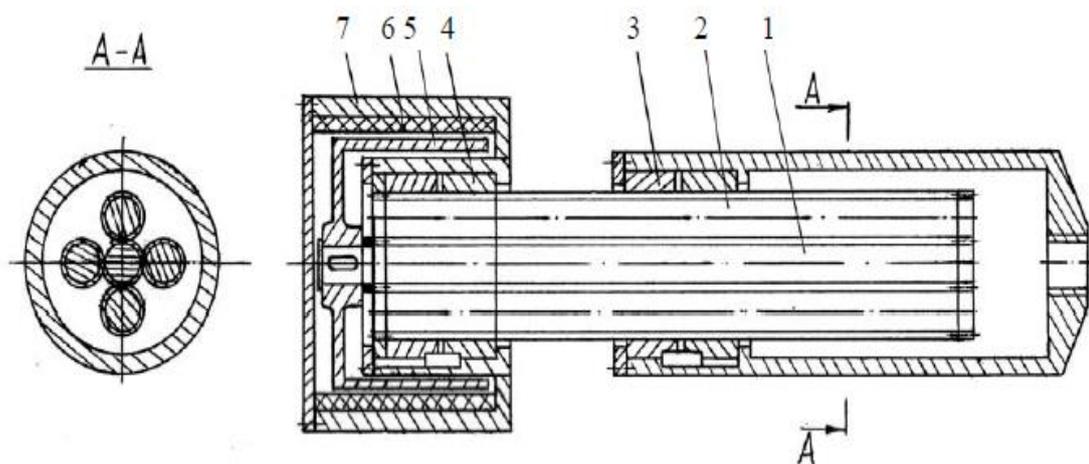


Рисунок 29 – Электропривод с передачей с длинными резьбовыми роликами

В качестве рекомендации целесообразно использовать следующие конструкции:

- а. конструкция, где вал электродвигателя соединен непосредственно с винтом передачи с длинными роликами, что обеспечит высокую точности и быстродействие привода;
- б. конструкция с передачей с короткими роликами, которая встроена в ротор электродвигателя для обеспечения простоты и компактности привода. [18]

### **3.2. Расчет и обоснование износостойкости**

Причиной постепенного изменения во времени основных параметров ПРВП является изменение формы и размеров находящихся в сопряжении витков винта, роликов и гайки. Это происходит только в случае изнашивания резьбовых поверхностей этих деталей под действием нагрузки при трении скольжении. Отсюда основным критерием работоспособности ПРВП является износостойкость, а ПРВП являются винтовыми механизмами качения с существенной долей трения скольжения.

#### **Обоснование износостойкости в качестве основного критерия работоспособности ПРВП**

На это указывает КПД ПРВП, значение которого чаще всего находится в диапазоне 80-88% для механизмов с осевыми зазорами между сопряженными витками резьбовых деталей. По сравнению с подшипниками качения теряется достаточно большая мощность, которая уходит в основном на преодоление трения скольжения на площадях контакта сопрягаемых витков резьбовых деталей ПРВП. Это поясняется рядом причин. Во-первых, ПРВП является многопоточным механизмом. Число потоков равно количеству роликов, а оно составляет в основном от 7 до 11. Из-за разно-размерности роликов по среднему диаметру резьбы они неравномерно вращаются и неравномерно передают нагрузку. Чтобы синхронизировать работы роликов используют сепараторы и зубчатые зацепления роликов с гайкой, но это чревато дополнительными потерями на трение скольжения в основном между сопряженными витками резьбовых деталей механизма. Во-вторых, за счет погрешностей изготовления винта, роликов и гайки по шагу резьбы ролики непрерывно меняют свое осевое положение в гайке относительно друг друга, то есть их частоты вращения, хоть и незначительно, но отличаются. Это также приводит к потерям на трение скольжения между витками резьбовых деталей. В-третьих, точка «А» начального контакта сопряженных витков гайки и

ролика, которая совпадает с МЦС (мгновенным центром скоростей) ролика, под действием нагрузки разрастается в пятно контакта (рисунок 30).

Ролик (рисунок 30), совершая планетарное движение, вращается вокруг оси винта с угловой скоростью переносного движения  $\omega_{ПЕР}$ , а все точки ролика вращаются вокруг его оси с угловой скоростью относительного движения  $\omega_{ОТН}$ . При сумме линейных скоростей от этих двух движений только в точке «А» абсолютная скорость будет равна нулю ( $V_1 = V_2$  и эти векторы направлены в противоположные стороны), а во всех прочих точках пятна контакта будут ненулевые векторы абсолютной скорости. Это повлечет к трению скольжения на пятнах контакта сопряженных витков гайки и ролика, которые находятся под воздействием контактного давления. Количество сопряженных витков гайки и ролика (пятен контакта) равно количеству роликов помноженное на количество витков ролика на одной образующей, а оно исходя из типоразмера ПРВП и шага резьбы его деталей составляет в среднем от 20 до 50. Отсюда количество пятен контакта составляет от 140 до 550.

Рассмотрим на условном примере распределение абсолютных линейных скоростей в точках пятна контакта на витке ролика. Для этого примера не будем учитывать угол наклона грани витка относительно оси ролика и угол подъема резьбы ролика. Эти допущения равноценны расположению пятна контакта на плоскости перпендикулярной оси ролика. Пусть шаг резьбы  $P = 4$  мм, при этом шаге на витке ролика располагается пятно контакта, условно имеющая круговую форму с диаметром  $D = 1$  мм.

Остальные размеры деталей ПРВП соответствуют механизму с типоразмером 48x20 ( $d_{2B} = 48$  мм – средний диаметр резьбы винта,  $P_h = 20$  мм – линейное перемещение выходного звена за 1 оборот входного) [33], а именно:

- средний диаметр резьбы винта  $d_{2B} = 48$  мм;

- средний диаметр резьбы ролика  $d_{2P}=16$  мм;
- наружный диаметр резьбы ролика  $d_P= 17,5$  мм;
- межосевое расстояние  $a_w = 32$  мм.

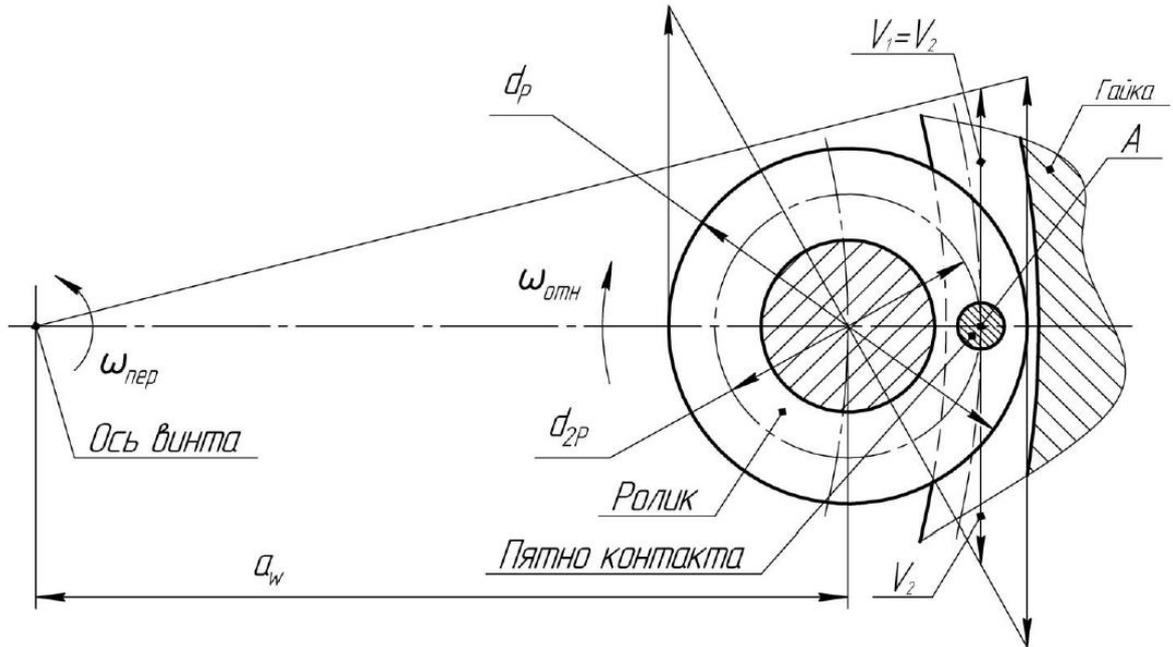


Рисунок 30 – Сопрягаемая гайка с роликом ПРВП и план скоростей ролика

На пятне контакта (рисунок 30), кроме точки «А», обозначим соответствующие точки «Г», «Д», «Е» и «К» и определим абсолютные линейные скорости в этих точках. Пусть  $V_1 = V_2 = 1$  м/с = 1000 мм/с.

Определим угловые скорости (рисунок 30):

- для переносного движения  $\omega_{ПЕР} = V_1 / (a_w + d_{2P}/2) = 25$  рад/с; (1)

- для относительного движения  $\omega_{ОТН} = V_1 / (d_{2P}/2) = 125$  рад/с. (2)

В точках «Г» и «Е», находящихся на линии, соединяющей оси винта и ролика, абсолютные линейные скорости будут равны:

$$V_G = \omega_{ПЕР} \cdot (a_w + 0,5 \cdot (d_{2P} - D)) - \omega_{ОТН} \cdot 0,5 \cdot (d_{2P} - D) = 50 \text{ мм/с}; \quad (3)$$

$$V_E = \omega_{ПЕР} \cdot (a_w + 0,5 \cdot (d_{2P} + D)) - \omega_{ОТН} \cdot 0,5 \cdot (d_{2P} + D) = -50 \text{ мм/с}. \quad (4)$$

Изобразим в точках «Г» и «Е» векторы их абсолютных скоростей, которые равны по величине и разнонаправлены. В точке «Д» обозначим прямолинейную систему координат  $x$ –  $y$ . Рассчитаем в точке «Д» линейную

скорость переносного и относительного движения и углы  $\alpha$  и  $\beta$  между векторами этих скоростей и вертикальной осью  $y$  (рисунок 31):

$$V_{Д,ПЕР} = \omega_{ПЕР} \cdot \sqrt{(a_W + d_{2P}/2)^2 + (D/2)^2} = 1000,07812 \text{ мм/с}; \quad (5)$$

$$V_{Д,ОТН} = \omega_{ОТН} \cdot \sqrt{(d_{2P}/2)^2 + (D/2)^2} = 1001,95122 \text{ мм/с}; \quad (6)$$

$$\alpha = \arccos(a_W + d_{2P}/2) / \sqrt{(a_W + d_{2P}/2)^2 + (D/2)^2} = 0,71616^\circ; \quad (7)$$

$$\beta = \arccos((d_{2P}/2) / \sqrt{(d_{2P}/2)^2 + (D/2)^2}) = 3,576334^\circ; \quad (8)$$

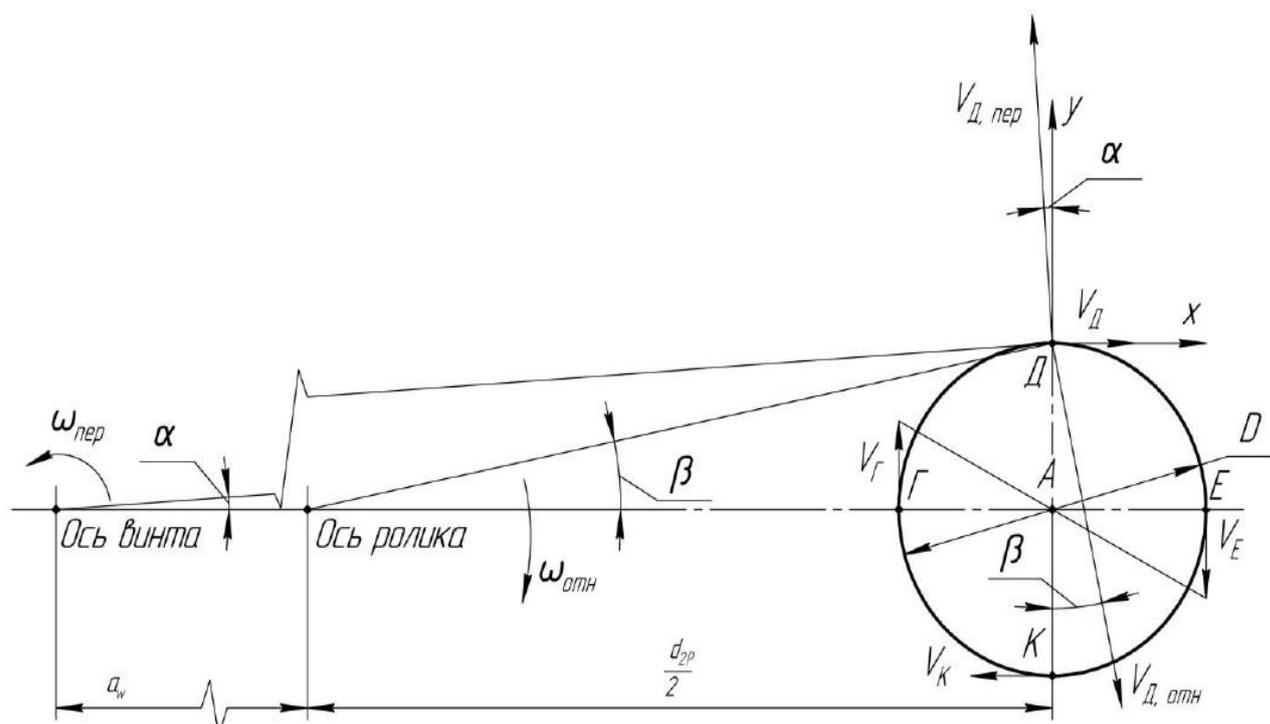


Рисунок 31 - Распределение скоростей в точках пятна контакта на ролике

Далее проецируем векторы  $V_{Д,ПЕР}$ , и  $V_{Д,ОТН}$  на оси  $x$  и  $y$  и определим искомое значение абсолютной скорости точки «Д»:

$$V_{Д,ПЕР,x} = -V_{Д,ПЕР} \cdot \sin(\alpha) = -12,5 \text{ мм/с}; \quad (9)$$

$$V_{Д,ПЕР,y} = V_{Д,ПЕР} \cdot \cos(\alpha) = 1000 \text{ мм/с}; \quad (10)$$

$$V_{Д,ОТН,x} = V_{Д,ОТН} \cdot \sin(\beta) = 62,5 \text{ мм/с}; \quad (11)$$

$$V_{Д,ОТН,y} = -V_{Д,ОТН} \cdot \cos(\beta) = -1000 \text{ мм/с}. \quad (12)$$

$$\text{Так как } V_{Д,ПЕР,y} + V_{Д,ОТН,y} = 0, \text{ то } V_{Д} = V_{Д,ПЕР,x} + V_{Д,ОТН,x} = 50 \text{ мм/с}; \quad (13)$$

Сделав подобные вычисления, установили, что абсолютная скорость в точке «К»  $V_K = 50$  мм/с, и вектор этой скорости параллелен оси  $x$  и направлен в сторону противоположную этой оси (рисунок 31).

Следственно, абсолютные скорости в указанных характерных точках пятна контакта равны по величине и имеют направление, показанное на рисунке 5. При этом в точке «А» абсолютная линейная скорость равна нулю. Отсюда в этой точке мгновенный центр скоростей, и такое распределение линейных скоростей является верчением. Это частный случай трения скольжения. Это значит, что на пятнах контакта сопряженных витков гайки и ролика, которые находятся под действием контактного давления, реализуется трение скольжения с потерями, снижающими КПД.

В-четвертых, сопряженные витки винта и ролика без действия нагрузки контактируют в точке «Б» (рисунок 32). Эта точка не расположена на линии, соединяющей оси винта и ролика, поскольку углы подъема резьбы винта и ролика в месте взаимодействия их витков не равны по величине и часто не совпадают по направлению. Таким образом, из-за указанного неравенства углов при номинальном значении межосевого расстояния витки резьбы ролика не могут разместиться во впадинах между соседними витками резьбы винта. Для размещения витков ролика во впадинах между соседними витками винта, необходимо увеличить номинальное значение межосевого расстояния на величину  $\Delta a_w$ , которая зависит в общем случае от шага резьбы, среднего диаметра резьбы винта, количества заходов винта и угла профиля витков резьбы деталей ПРВП.

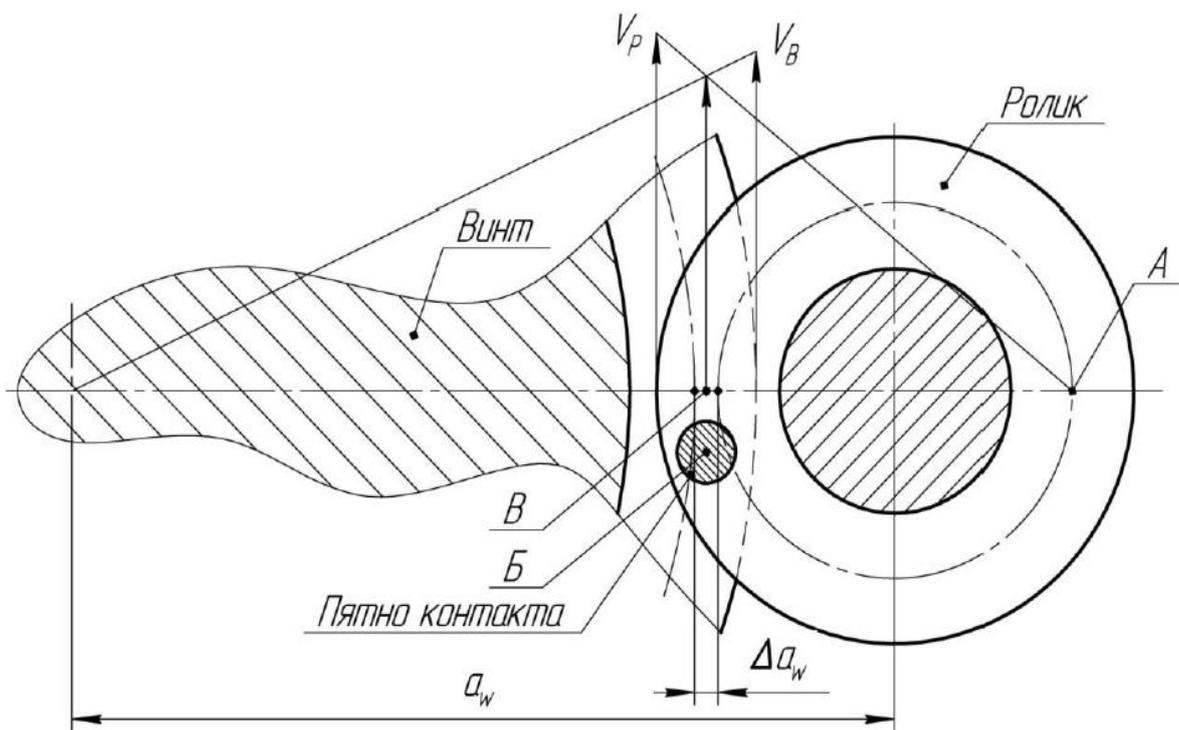


Рисунок 32 - Сопряжение винта с роликом ПРВП и план скоростей деталей

Винт вращается вокруг своей оси. На рисунке 6 изображен план его линейных скоростей с максимальным значением  $V_B$ . Ролик производит сложное движение, и с учетом мгновенного центра скоростей в точке «А» показан план его линейных скоростей с максимальным значением  $V_p$ . Это значит, что только в одной точке «В», которая находится на линии соединяющей оси винта и ролика, линейные скорости винта и ролика будут одинаковыми.

Приложив нагрузку вокруг точки «Б» образуется пятно контакта, все точки которого находятся под действием контактного давления. В общем случае точка «В» может не располагаться внутри пятна контакта, см. рисунок 6, тогда во всех точках пятна контакта будут линейные относительные скорости. В случае если точка «В» расположена внутри пятна контакта, то во всех точках пятна контакта за исключением точки «В» будут линейные относительные скорости. В любом случае возникает трение верчение вокруг точки «В» - частный случай трения скольжения. При этом количество сопряженных витков винта и роликов (пятен контакта) равнозначно

количеству сопряженных витков гайки и роликов и пятен контакта между ними.

Расчеты ПРВП на износостойкость позволяют определить или прогнозировать:

- изменение формы и размеров сопрягаемых резьбовых поверхностей деталей ПРВП в зависимости от нагрузки, кинематических параметров и времени (числа циклов нагружения витков резьбы винта, роликов и гайки);
- изменение осевого люфта ПРВП с цельной гайкой во времени;
- изменение осевой жесткости ПРВП во времени;
- изменение точности ПРВП во времени;
- изменение допускаемой статической и динамической нагрузки ПРВП во времени;
- изменение кинематических параметров (скоростей скольжения) в точках площадок контакта сопрягаемых витков ПРВП во времени;
- изменение КПД ПРВП во времени;
- снижение усилия перед нагрузкой во времени для без зазорных ПРВП;
- срок работы ПРВП до первой переналадки и между переналадками;
- ресурс работы ПРВП с учетом переналадок. [19]

## 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

### 4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Продукт: Электропривод задвижки на основе планетарной роlikо-винтовой передачи.

Целевой рынок: Частные и юридические лица эксплуатирующие трубопроводы

По результатам проведенного сегментирования рынка были определены основные потребители и сегменты, влияющие на спрос продукта (таблица 1).

Таблица 1 – Карта сегментирования рынка

|                 |         | Тип передачи электропривода задвижки |          |                             |
|-----------------|---------|--------------------------------------|----------|-----------------------------|
|                 |         | Червячный                            | Зубчатый | Планетарная роlikо-винтовая |
| Размер компании | Малые   |                                      |          |                             |
|                 | Средние |                                      |          |                             |
|                 | Большие |                                      |          |                             |

 – Томскнефть;  – Сургутнефтегаз;  – Трансгаз Томск.

Таким образом видно, что в изготовлении электропривода на основе планетарной роlikо-винтовой передачи заинтересованы не многие компании нефтегазовой отрасли. Поскольку механизм относительно новый и недостаточно освоен.

## 4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В данном разделе проведен анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, с целью оценки сравнительной эффективности научной разработки, и определения направлений для дальнейшего развития. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты.

Таблица 2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

| Критерии оценки  | Вес критерия | Баллы          |                 |                 | Конкурентоспособность |                 |                 |
|--|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
|  |              | Б <sub>ф</sub> | Б <sub>к1</sub> | Б <sub>к2</sub> | К <sub>ф</sub>        | К <sub>к1</sub> | К <sub>к2</sub> |
| 1  | 2            | 3              | 4               | 5               | 7                     | 8               | 9               |
| <b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>          |              |                |                 |                 |                       |                 |                 |
| 1. Необходимость расходных материалов                            | 0,15         | 5              | 2               | 3               | 0,325                 | 0,325           | 0,325           |
| 2. Быстродействие и точность отработки заданного закона движения | 0,05         | 5              | 3               | 4               | 0,25                  | 0,15            | 0,2             |
| 3. Точность перемещения  | 0,005        | 5              | 3               | 4               | 0,025                 | 0,01            | 0,02            |
| 4. Износостойкость   | 0,005        | 5              | 3               | 3               | 0,025                 | 0,01            | 0,015           |
| 5. Надежность  | 0,03         | 5              | 4               | 5               | 0,15                  | 0,12            | 0,15            |
| 6. Безопасность  | 0,0005       | 5              | 5               | 5               | 0,0025                | 0,0025          | 0,0025          |
| 7. Простота конструкции  | 0,0005       | 3              | 5               | 4               | 0,0025                | 0,0025          | 0,0015          |
| 8. Простота монтажа  | 0,035        | 4              | 5               | 4               | 0,175                 | 0,14            | 0,105           |
| <b>Экономические критерии оценки эффективности</b>               |              |                |                 |                 |                       |                 |                 |
| 1. Конкурентоспособность продукта                                | 0,08         | 4              | 5               | 5               | 0,32                  | 0,4             | 0,4             |
| 2. Уровень проникновения на рынок                                | 0,005        | 3              | 5               | 4               | 0,02                  | 0,025           | 0,02            |
| 3. Цена  | 0,2          | 5              | 3               | 3               | 1                     | 0,8             | 0,6             |
| 4. Предполагаемый срок эксплуатации                              | 0,05         | 5              | 5               | 5               | 0,25                  | 0,25            | 0,25            |
| 5. Послепродажное обслуживание                                   | 0,1          | 5              | 5               | 5               | 0,5                   | 0,4             | 0,4             |
| 6. Финансирование научной разработки                             | 0,002        | 5              | 3               | 3               | 0,006                 | 0,01            | 0,01            |
| 7. Срок выхода на рынок  | 0,002        | 3              | 5               | 5               | 0,006                 | 0,01            | 0,01            |
| 8. Наличие сертификации разработки                               | 0,05         | 5              | 5               | 5               | 0,25                  | 0,25            | 0,25            |
| <b>Итого</b>   | <b>1</b>     | <b>73</b>      | <b>66</b>       | <b>72</b>       | <b>3,304</b>          | <b>2,905</b>    | <b>2,759</b>    |

где  $B_{\phi}$  – баллы предлагаемой разработки (планетарная роликвинтовая передача);

$B_{k1}$  – баллы первого конкурента (зубчатая);

$B_{k2}$  – баллы второго конкурента (червячная).

Анализ конкурентных технических решений производился по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (14)$$
$$K = 3,304$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Коэффициент конкурентоспособности определялся по формуле:

$$КС = \frac{K}{K_{k_{max}}} \quad (15)$$
$$КС = \frac{3,304}{2,905} = 1,137$$

где  $КС$  – коэффициент конкурентоспособности разработки;

$K_{k_{max}}$  – максимальная конкурентоспособность конкурента.

Основываясь на знаниях о конкурентных решениях, можно заключить, что уязвимость позиции разрабатываемого проекта обусловлена в основном из-за сложности в изготовлении деталей, отсюда следует и дороговизна, а также более сложной схемой конструкции передачи. Однако, благодаря достоинствам таким как: надежность; износостойкость; быстродействие и точность отработки заданного закона движения - за счет этого станет возможным занять нишу на рынке, и сотрудничать с крупными нефтеперерабатывающими предприятиями, предлагая им свою разработку в качестве альтернативы или дополнения к применяемым на предприятии электроприводам на базе планетарной роликвинтовой передачи.

### 4.3. SWOT-анализ

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табличной форме (табл. 3).

Таблица 3

|   | Сильные стороны научно-исследовательского проекта:<br>С1. Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих для проведения исследований;<br>С2. Повышенная износостойкость продукта по сравнению с конкурентами;<br>С3. Высокое быстродействие и точность отработки заданного закона движения | Слабые стороны научно-исследовательского проекта:<br>Сл1. Сложность изготовления оборудования, по сравнению с другими передачами.<br>Сл2. Дороговизна изготовления деталей;<br>Сл3. Возможность возникновения ошибок в программном обеспечении. |
|---|---|---|
| В1. Использование данной технологии в области контроля не только нефтепромысловых объектов;<br>В2. Существование потенциального спроса на данное исследование со стороны нефтяных предприятий;<br>В3. Повышение числа конкурентных исследований |   |   |
| Угрозы:<br>У1. Отсутствие спроса на данные исследования в связи с возможностью проведения подобных исследований потребителем самостоятельно;<br>У2. Широкое распространение конкурентных технологий.  |   |   |

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 4

| Возможности<br>проекта |    | C1 | C2 | C3 |
|------------------------|----|----|----|----|
|                        | B1 | 0  | -  | -  |
|                        | B2 | -  | +  | -  |
|                        | B3 | -  | -  | 0  |

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B1C1C3, B2C4.

Таблица 5

| Возможности<br>проекта |    | Сл1 | Сл2 | Сл3 |
|------------------------|----|-----|-----|-----|
|                        | B1 | +   | -   | -   |
|                        | B2 | +   | -   | 0   |
|                        | B3 | +   | -   | 0   |

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить то что слабых сторон данный проект не имеет.

Таблица 6

| Угрозы<br>проекта |    | C1 | C2 | C3 |
|-------------------|----|----|----|----|
|                   | У1 | -  | -  | -  |
|                   | У2 | -  | 0  | 0  |

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У2С4.

Таблица 7

| Угрозы проекта |    | Сл1 | Сл2 | Сл3 |
|----------------|----|-----|-----|-----|
|                | У1 |     | +   | +   |
| У2             |    | 0   | -   | -   |

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1Сл1Сл2Сл3, У2Сл1.

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа

Таблица 8

|   |   |  |
|---|---|--|
|   | <p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих для проведения исследований;</p> <p>С2. Повышенная износостойкость продукта по сравнению с конкурентами;</p> <p>С3. Высокое быстродействие и точность отработки заданного закона движения.</p> | <p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Сложность изготовления оборудования, по сравнению с другими передачами.</p> <p>Сл2. Дороговизна изготовления деталей;</p> <p>Сл3. Возможность возникновения ошибок в программном обеспечении.</p> |
| <p>В1. Использование данной технологии в области контроля не только нефтепромысловых объектов;</p> <p>В2. Существование потенциального спроса на данное исследование со стороны нефтяных предприятий;</p> | <p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»:</p> <p>С1В1В2, С2В1В2, С3В1В2.</p> <p>1. Разработка и реализация комплекса маркетинговых мероприятий с целью формирования базы потенциальных покупателей.</p>  | <p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</p>   |

|  |   |  |
|--|---|--|
| ВЗ. Повышение числа конкурентных исследований  | 2. Предоставление предприятиям пробного периода использования для ознакомления с достоинствами.   |  |
| Угрозы:<br>У1. Отсутствие спроса на данные исследования в связи с возможностью проведения подобных исследований потребителем самостоятельно;<br>У2. Развитие принципиально новых технологий. | Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»:<br>У1С1С2С3<br>1. Позиционирование товара с точки зрения его сильных сторон. | Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»:<br>У1Сл1Сл2Сл3– возможно отсутствие спроса на данное исследование вследствие: применения некоторых упрощений при моделировании, учета только одного вида нагрузки, наличия некоторых погрешностей при отсутствии возможности проверки результатов; |

#### 4.4. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

*Морфологический подход* основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

Реализация метода предусматривает следующие этапы.

1. Точная формулировка проблемы исследования.
2. Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования.
3. Раскрытие возможных вариантов по каждой характеристике.

Таблица 9

|                                | 1                             | 2             | 3              |
|--------------------------------|-------------------------------|---------------|----------------|
| А. Тип передачи                | Планетарная<br>роликовинтовая | Зубчатая      | Червячная      |
| Б. Тип запорной<br>арматуры    | Задвижка                      | Затвор        | Кран           |
| В. Тип привода                 | Гидравлический                | Электрический | Пневматический |
| Г. Тип задвижки                | Шибберная                     | Клиновья      | Параллельная   |
| Д. Тип шпинделя                | Выдвижной                     | Не выдвижной  |                |
| Е. Присоединение<br>к задвижке | Фланцевое                     | На опоре      | Без фланцевое  |

4. Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений. На этом этапе описаны возможные варианты решения поставленной проблемы с позиции ее функционального содержания и ресурсосбережения. Для данной матрицы это А1Б1В2Г2Е1.

#### **4.5 Планирование научно-исследовательских работ**

##### **Структура работ в рамках научного исследования**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведем распределение исполнителей по видам работ.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 10

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

| Основные этапы                                 | № раб | Содержание работ   | Должность исполнителя                                 |
|--|-------|--|---|
| Выбор направления исследований                 | 1     | Выбор направления исследований   | Руководитель, Исполнитель                             |
|  | 2     | Календарное планирование работ по теме                                   | Руководитель, Исполнитель                             |
|  | 3     | Подбор и изучение литературы по теме                                     | Руководитель, Исполнитель                             |
| Составление и утверждение технического задания | 4     | Составление и утверждение технического задания                           | Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, исполнитель |
| Теоретические исследования                     | 5     | Поиск необходимых параметров для построения модели и проведения расчетов | Руководитель, Исполнитель                             |
|  | 6     | Проведение расчётов  | Исполнитель   |
| Обобщение и оценка результатов                 | 7     | Оценка результатов исследования  | Исполнитель, Руководитель                             |
| Оформления отчета по исследовательской работе  | 8     | Составление пояснительной записки  | Исполнитель, Руководитель                             |

#### Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ож}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i},$$

где

$T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

## Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}},$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;  
 $T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;  
 $k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

Где  $T_{\text{кал}} = 365$  – количество календарных дней в году;  
 $T_{\text{вых}} = 52$  – количество выходных дней в году;  
 $T_{\text{пр}} = 14$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1.22 \quad (16)$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сведены в табл. 11

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

| Название работы                                | Трудоемкость работ  |                     |                    | Исполнители               | Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$ | Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$ |
|--|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------------|---|---|
|  | $t_{min}$ , чел-дни | $t_{max}$ , чел-дни | $t_{ож}$ , чел-дни |                           |   |   |
| Выбор направления исследования                 | 6                   | 9                   | 7,2                | Руководитель              | 9   | 11  |
| Составление и утверждение технического задания | 1                   | 4                   | 2,2                | Руководитель              | 4   | 5   |
| Подбор и изучение литературы по теме           | 10                  | 14                  | 11,6               | Исполнитель               | 15  | 18  |
| Календарное планирование работ по теме         | 2                   | 4                   | 2,8                | Руководитель, Исполнитель | 2   | 3   |
| Расчет привода и моделируемой передачи         | 7                   | 14                  | 9,8                | Исполнитель               | 12  | 15  |
| Построение модели привода задвижки             | 10                  | 21                  | 14,4               | Исполнитель               | 19  | 23  |
| Оценка результатов исследования                | 3                   | 5                   | 3,8                | Руководитель, Исполнитель | 5   | 6   |
| Составление пояснительной записки              | 4                   | 6                   | 4,8                | Руководитель, Исполнитель | 6   | 8   |

Таблица 12 – Календарный план график проведения НИР по теме

| № работ | Вид работ                              | Исполнители  | Т <sub>кп</sub> , кал. дни | Продолжительность выполнения работ |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |   |  |
|---------|--|--------------|----------------------------|------------------------------------|---|------|---|---|--------|---|---|-----|---|---|---|--|
|         |  |              |                            | Фев.                               |   | Март |   |   | Апрель |   |   | Май |   |   |   |  |
|         |  |              |                            | 2                                  | 3 | 1    | 2 | 3 | 1      | 2 | 3 | 1   | 2 | 3 |   |  |
| 1       | Выбор направления                      | Руков.       | 11                         | ■                                  |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |   |  |
| 2       | Составление ТЗ                         | Руков.       | 5                          |                                    | ■ |      |   |   |        |   |   |     |   |   |   |  |
| 3       | Изучение литературы                    | Дипл.        | 18                         |                                    |   | □    |   |   |        |   |   |     |   |   |   |  |
| 4       | Планирование работ                     | Руков. дипл. | 3                          |                                    |   |      |   | ■ |        |   |   |     |   |   |   |  |
| 5       | Расчет привода и моделируемой передачи | Дипл.        | 15                         |                                    |   |      |   |   | □      |   |   |     |   |   |   |  |
| 6       | Построение модели привода задвижки     | Дипл.        | 23                         |                                    |   |      |   |   |        | □ |   |     |   |   |   |  |
| 7       | Оценка результатов                     | Руков. дипл. | 6                          |                                    |   |      |   |   |        |   |   |     |   | ■ |   |  |
| 8       | Пояснительная записка                  | Руков. дипл. | 8                          |                                    |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   | ■ |  |

#### 4.6. Бюджет научно-технического исследования

##### Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;

- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований).

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т. п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Плюс к этому рассчитываются затраты на приобретение деталей для изготовления опытного образца.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi},$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т. д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т. д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т. д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 13 – Прочие затраты

| Наименование | Единица измерения | Количество | Цена за ед. руб. | Затраты на материалы, ( $Z_M$ ), руб. |
|--------------|-------------------|------------|------------------|---------------------------------------|
| Ручка        | Шт.               | 4          | 40               | 192                                   |
| Бумага       | Шт.               | 150        | 3                | 540                                   |
| Карандаш     | Шт.               | 3          | 20               | 72                                    |
| Итого:       |                   |            |                  | 804                                   |

Затраты на электроэнергию: тариф на энергию для юридических лиц составляет 5,8 руб. кВт·ч. Ежемесячный расход электроэнергии составлял 120 кВт. Период выполнения равен 3,5 месяца. Итого: за период выполнения работы, затраты на электроэнергию составили 2088 руб.

Затраты на интернет: стоимость ежемесячного тарифа составляет 360 руб. Итого: за период выполнения работы, затраты на интернет составили 1080 руб.

Затраты на аренду компьютера: 10000 руб. в месяц. Период выполнения равен 3,5 месяца. Итого: за период выполнения работы, затраты на аренду составили 35000 руб. Плюс к этому стоимость всего необходимого ПО 7000 рублей и 360 рублей в месяц на оплату интернета. То есть за 3,5 месяца 1260 рублей на оплату интернета.

Затраты на закупку материала и деталей для разработки опытного образца: двигатель шаговый 630 рублей, набор цепей 150 рублей за метр, листовая металл 2000 рублей за квадратный метр, подшипники шариковые

640 рублей за штуку, звездочка цепная 560 рублей. Итого на опытный образец необходимо 6200 рублей.

### Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сведен в табл. 14.

Таблица 14— Расчет основной заработной платы

| № | Наименование этапов  | Исполнители по категориям         | Трудоемкость, чел.-дн. | Зарплата, приходящаяся на один чел.-дн., руб. | Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб. |
|---|--|-----------------------------------|------------------------|---|--|
| 1 | Календарное планирование работ по теме                     | Руководитель проекта, исполнитель | 1.8                    | 2026  | 3647   |
| 2 | Составление и утверждение тех. задания                     | Руководитель проекта              | 1.8                    | 1159  | 2086   |
| 3 | Подбор и изучение материалов по                            | Исполнитель                       | 12                     | 867   | 10404  |
| 4 | Проведение патентных исследований                          | Исполнитель                       | 4.2                    | 867   | 3642   |
| 5 | Проведение теоретических расчетов и обоснований            | Исполнитель                       | 11.2                   | 867   | 9710   |
| 6 | Построение 3D-модели рабочего колеса и проведение расчетов | Исполнитель                       | 14                     | 867   | 12138  |

|        |                                      |                                   |      |      |        |
|--------|--------------------------------------|-----------------------------------|------|------|--------|
| 7      | Оценка результатов исследования      | Руководитель проекта, исполнитель | 5.6  | 2026 | 11346  |
| 8      | Составление пояснительной записки    | Руководитель проекта, исполнитель | 11.2 | 2026 | 22691  |
| 9      | Разработка опытного образца          | Руководитель проекта, исполнитель | 10.8 | 2026 | 21881  |
| 10     | Составление технической документации | Руководитель проекта, исполнитель | 6.2  | 2026 | 12561  |
| Итого: |                                      |                                   |      |      | 102989 |

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

Где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{\text{осн}}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = T_p \cdot Z_{\text{дн}},$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. ;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d},$$

где  $Z_M$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске

в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Среднедневная зарплата руководителя проекта:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{26300 \cdot 10.4}{236} = 1159 \text{ руб.} \quad (17)$$

Среднедневная заработная плата исполнителя:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{17000 \cdot 10.4}{204} = 867 \text{ руб.,} \quad (18)$$

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

| Показатели<br>рабочего времени                                  | Руководитель | Дипломник |
|---|--------------|-----------|
| Календарное число<br>дней                                       | 365          | 365       |
| Количество<br>нерабочих дней -<br>выходные -<br>праздничные     | 53<br>26     | 53<br>26  |
| Потери рабочего<br>времени - отпуск -<br>невыходы по<br>болезни | 58<br>12     | 72<br>10  |
| Действительный<br>годовой фонд<br>рабочего времени              | 236          | 204       |

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_d) * k_p,$$

где  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{\text{тс}}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в

НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от  $Z_{тс}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Заработная плата по тарифной ставке для руководителя проекта:

$$Z_{тс} = \frac{26300}{(1+0.3) \cdot 1.3} = 15562 \text{ руб.} \quad (19)$$

Заработная плата по тарифной ставке для руководителя проекта:

$$Z_{тс} = \frac{17000}{(1+0.3) \cdot 1.3} = 10059 \text{ руб.} \quad (20)$$

Тарифная заработная плата  $Z_{тс}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $T_{ci} = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_t$  и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет основной заработной платы

| Исполнители             | $Z_{тс}$ ,<br>руб. | $k_{пр}$ | $k_p$ | $Z_m$ ,<br>руб. | $Z_{дн}$ ,<br>руб. | $T_p$ ,<br>раб.<br>дн. | $Z_{осн}$ ,<br>руб. |
|-------------------------|--------------------|----------|-------|-----------------|--------------------|------------------------|---------------------|
| Руководитель<br>проекта | 15562              | 0,3      | 1,3   | 26300           | 1159               | 35                     | 40565               |
| Исполнитель             | 10059              | 0,3      | 1,3   | 17000           | 867                | 72                     | 62424               |
| Итого $Z_{осн}$ :       |                    |          |       |                 |                    |                        | 102989              |

### Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления во внебюджетные фонды руководителя проекта:

$$З_{внеб} = 0.271 \cdot (40565 + 4868) = 12312 \text{ руб.} \quad (21)$$

Отчисления во внебюджетные фонды руководителя проекта:

$$З_{внеб} = 0.271 \cdot (65424 + 7491) = 19760 \text{ руб.} \quad (22)$$

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

| Исполнитель                                  | Основная заработная плата, руб. | Дополнительная заработная плата, руб. | Основная заработная плата, руб. | Дополнительная заработная плата, руб. |
|--|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
|  | Исп. 1                          |                                       | Исп. 2                          |                                       |
| Руководитель проекта                         | 40565                           | 4868                                  | 44042                           | 5285                                  |
| Исполнитель                                  | 62424                           | 7491                                  | 60690                           | 7283                                  |
| Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды | 0.271                           |                                       | 0.271                           |                                       |
| <b>Итого:</b>                                | 32072                           |                                       | 31788                           |                                       |
| <b>+16% накладные расходы</b>                | 37204                           |                                       | 36874                           |                                       |

## Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НТИ

| Наименование статьи   | Сумма, руб. | Сумма, руб. |
|---|-------------|-------------|
|   | Исп. 1      | Исп. 2      |
| 1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы       | 102989      | 104732      |
| 2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы | 12359       | 12568       |
| 3. Отчисления во внебюджетные фонды                             | 37204       | 36874       |
| 4. Прочие затраты   | 804         | 804         |
| 5. Затраты на электроэнергию и интернет                         | 3168        | 3168        |
| 6. Затраты на аренду компьютера                                 | 35000       | 35000       |
| 7. Бюджет затрат НТИ  | 191524      | 193146      |

### 4.7 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования.

Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т. ч. аналоги).

Интегральный финансовый показатель для первого варианта исполнения:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{191524}{193146} = 0.992, \quad (23)$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

$b_i$  – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик проекта

| Критерии                                     | Весовой коэф. | Исп. 1 | Исп. 2 |
|--|---------------|--------|--------|
| 1. Необходимость расходных материалов        | 0.22          | 5      | 4      |
| 2. Быстродействие и точность                 | 0.16          | 5      | 5      |
| 3. Износостойкость                           | 0.14          | 5      | 5      |
| 4. Требуемый уровень квалификации работников | 0.08          | 5      | 5      |
| 5. Безопасность                              | 0.16          | 4      | 5      |
| 6. Точность перемещения                      | 0.1           | 3      | 3      |
| 7. Простота изготовления                     | 0.08          | 3      | 2      |
| 8. Надежность                                | 0.06          | 3      | 3      |
| Итого:                                       | 1             | 4.36   | 4.22   |

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_{p1} = 0.22 \cdot 5 + 0.16 \cdot 5 + 0.14 \cdot 5 + 0.08 \cdot 5 + 0.16 \cdot 4 + 0.1 \cdot 3 + 0.08 \cdot 3 + 0.06 \cdot 3 = 4,36; \quad (24)$$

$$I_{p2} = 0.22 \cdot 4 + 0.16 \cdot 5 + 0.14 \cdot 5 + 0.08 \cdot 5 + 0.16 \cdot 5 + 0.1 \cdot 3 + 0.08 \cdot 2 + 0.06 \cdot 3 = 4.22. \quad (25)$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта.

По расчетам видно, что наибольший коэффициент интегральности имеет первый вариант исполнения механизма.

В ходе выполнения данной части выпускной квалификационной работы была проанализирована конкурентоспособность электропривода задвижки на основе планетарной роликвинтовой передачи. Был произведен SWOT-

анализ, а также был посчитан бюджет НИИ, равный 191524 руб. для наилучшего варианта исполнения, основная часть которого приходится на затраты по основной заработной плате исполнителей темы.

## 5. Социальная ответственность

Основной целью раздела является рассмотрение оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, повышения его производительности, сохранения работоспособности в процессе деятельности.

Разработаны требования безопасности и комплекс защитных мероприятий на рабочем месте. Также этот раздел включает подразделы охраны окружающей среды и чрезвычайных ситуаций.

Настоящая дипломная работа посвящена модернизации приводов запорной арматуры, в частности модернизация привода задвижки. Запорная арматура находит обширное применение в нефтегазовой отрасли. В связи с этим данный раздел ВКР посвящен анализу возможных опасных и вредных факторов при работе с запорной арматурой на газокompрессорной станции (ГКС).

В качестве персонала рассматривается машинист ГКС. Рабочим местом машиниста является машинный зал. Работа выполняется в основном стоя. Следит за показаниями приборов на пульте управления, осуществляет контроль за технологическим процессом, поддерживает в рабочем состоянии компрессорную установку. Регламентированные перерывы – 3% от рабочего времени.

В обязанности машиниста входит обслуживание щитов управления агрегатного уровня, отдельных технологических компрессоров. Запуск и остановка газоперекачивающих агрегатов, регулирование технологического режима их работы, контроль за работой технологического оборудования. Ремонт компрессоров и их приводов, узлов газовых коммуникаций, аппаратов и вспомогательного оборудования цехов, выявление и устранение неисправностей в работе газоперекачивающих агрегатов. Ведение ремонтных журналов.

## **5.1 Описание рабочего места на предмет возникновения опасных и вредных факторов, вредного воздействия на окружающую среду**

Газокомпрессорная станция - это станция, где происходит рост давления природного газа в ходе его хранения, транспортировки или добычи. В зависимости от назначения выделяют: головные и линейные газокомпрессорные станции магистрального газопровода, газокомпрессорные станции подземных газохранилищ, а также газокомпрессорные станции для закачивания газа обратно в пласт.

При работе с запорной арматурой на газокомпрессорной станции можно выделить следующие вредные факторы производственной среды:

- повышенный уровень шума;
- повышенный уровень вибрации;
- вредные вещества;

Опасные факторы производственной среды:

- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- движущиеся механизмы, подвижные части производственного оборудования;

Задвижка — трубопроводная арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент перемещается перпендикулярно оси потока рабочей среды. При разрушении арматуры может произойти утечка газа. Газ при смешении с воздухом образует взрывоопасную смесь. Утечки газа могут достичь высокой концентрации и привести к взрыву и последующему пожару на предприятии.

Воздействие на окружающую среду оказывают выхлопной газ с механическими примесями, возможные разливы смазочно-охлаждающих жидкостей, твердые бытовые отходы, образуемые при ремонтных операциях задвижки, привода и других систем, находящихся на ГКС.

## **5.2 Анализ вредных факторов проектируемой производственной среды**

Вредный производственный фактор — производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию.

### **Повышенный уровень шума на рабочем месте**

В зависимости от длительного и интенсивного воздействия шума происходит снижение чувствительности органов слуха, которое выражается временным смещением порога слышимости, исчезающим после прекращения воздействия шума. При большой интенсивности и длительности шума происходят такие необратимые потери слуха, как тугоухость, которая характеризуется постоянной изменой порога слышимости.

Повышенный шум влияет на репродуктивную функцию человека, нервную и сердечно-сосудистую системы, вызывает нарушение сна, раздражение, агрессивность, утомление, способствует психическим заболеваниям.

Пагубное воздействие оказывает даже шум, не ощущаемый ухом человека (находящийся за пределами чувствительности его слухового аппарата): инфразвуки, к примеру, вызывают чувство тревоги, боли в ушах и позвоночнике, а при длительном воздействии сказываются на нарушении периферического кровообращения.

Также шум влияет на производительность труда. Увеличение уровня шума на 1-2 дБ приводит к снижению производительности труда на 1%.

По ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. «Общие требования безопасности» допустимый уровень шума на рабочем месте дожимной компрессорной станции 80 дБ. Однако при работе уровень шума может достигать 120 дБ.

Для снижения вредного воздействия шума на организм человека необходимо применение коллективных и индивидуальных средств защиты.

В качестве средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.1.029-80 персонал необходимо снабдить противошумными наушниками, закрывающими ушную раковину снаружи, либо противошумными

вкладышами, перекрывающими наружный слуховой проход и прилегающие к нему.

Меры защиты от шума, применяемые к арматурам:

Конструктивное исполнение проточной части арматуры, снижающим в максимально возможной степени шум, возникающий при прохождении потока рабочей среды через затвор арматуры. Так же применением шумопоглощающей звукоизоляции арматуры.

### **Повышенный уровень вибрации**

На ГКС вибрация бывает, как общая, так и местная в зависимости от локализации ремонтных работ или осмотра оборудования.

Большое негативное воздействие этот фактор оказывает на отделы центральной нервной системы, желудочно-кишечного тракта и вестибулярного аппарата человека. Длительное воздействие вибрации на организм приводит к развитию профессиональных заболеваний, основным из которых является – виброболь, сопровождающаяся головокружением, онемением нижних конечностей и потерей ориентации в пространстве. Лечение данного заболевания возможно исключительно на ранних стадиях, в противном случае человеку гарантирована инвалидность.

К мерам борьбы с вибрацией можно отнести:

- конструктивное исполнение проточной части арматуры, снижающим в максимально возможной степени вибрации, возникающие при прохождении потока рабочей среды через затвор арматуры;
- применением устройств, поглощающих вибрацию.

К индивидуальным средствам защиты от вибрации относятся специальные вибродемпфирующие перчатки, рукавицы, нагрудники, специальные костюмы, обувь.

## **Вредные вещества**

При эксплуатации запорной арматуры может произойти разрушение арматуры, потери герметичности по отношению к внешней среде, последующим выходом опасных токсичных веществ во внешнюю среду газокompрессорной станции.

В зависимости на каком трубопроводе была установлена задвижка, вышедшая из строя, можно выявить различные опасные факторы.

Нарушении герметичности трубопровода, транспортирующего метанол, может повлечь за собой множество опасных факторов на человека. Метанол (метиловый спирт) часто применяют как растворитель жиров, смол и лаков. В организм человека он, как правило, попадает через органы пищеварения, дыхания, а также через кожу. Метиловый спирт является преимущественно нервным (нейротропным) и сосудистым ядом. Он способен скапливаться в организме человека. Легкая форма поражения характеризуется мелким тремором пальцев рук пошатыванием, сонливостью, повышенной утомляемостью, рвотой, тошнотой, головокружением, головной болью. При тяжелой форме отравления происходят расстройство и потеря зрения (часто необратимые), появляются судороги, слабый учащенный пульс, возможны потери сознания, в самых тяжелых случаях - смерть.

Нефтепродукты (смазочные масла, дизельное топливо, керосин, бензин) при длительном и частом воздействии на кожный покров могут привести к кожным заболеваниям. Попадая в организм человека через кожный покров, они могут вызывать отравления. Пары нефти оказывают раздражающее и наркотическое действие. При большой концентрации в случае разлива нефтепродуктов возможны потеря сознания, нарушение сердечной деятельности.

Природный газ, как таковой, не является отравляющим веществом. Он практически не реагирует с органами и системами человека. Отравиться с его помощью можно только вытеснив весь воздух из помещения, и в этом случае

можно погибнуть не от отравления природным газом, а от отсутствия в окружающей среде кислорода (все равно как одеть пластиковый мешок на голову).

Меры защиты:

В случае утечки необходима организация общей и местной вентиляции, применение СИЗ: респираторы, фильтрующие противогазы.

### **5.3 Анализ опасных факторов производственной среды.**

Опасным производственным фактором является такой фактор производственного процесса, воздействие которого на работающего приводит к травме или резкому ухудшению здоровья.

#### **Электробезопасность.**

На газокompрессорной станции под высоким напряжением тока находится большая часть оборудования. Сам газокompрессор, блок управления, искусственное освещение станции, электроприводы запорных устройств.

Запорная арматура, оборудованная электроприводом, как правило питается от напряжения в 350 киловольт.

Возможно поражение электрическим током, ожоги, нарушение физико-химического состава крови, поражение слизистой оболочки глаз, разрыв тканей организма, летальный исход.

Для предупреждения поражений нужно производить изоляцию проводов, установку оградительных устройств, использование предупреждающих плакатов и знаков безопасности, защитного заземления и отключения, зануление, применять СИЗ (диэлектрические перчатки, инструменты с изолирующими рукоятками), устанавливать молниеотводы.

Любые работы по ремонту и обслуживанию оборудования, находящегося под воздействием электрической энергии, должны проводиться при соблюдении следующих условий:

- все источники энергии идентифицированы;
- любая идентифицированная энергия изолирована, стравлена или разряжена;
- обеспечена соответствующая блокировка с предупредительными табличками в точках отключения;
- проведена проверка (тест) надежности отключения;
- организована периодическая проверка надежности отключения энергии.

### **Движущиеся механизмы**

Работа задвижки подразумевает открытие и закрытие затвора в сечении трубопровода. При этом внешне доступно, при работе задвижки, вращается шток (продольная, цилиндрическая часть задвижки с резьбой).

При нахождении машиниста вблизи работающей задвижки не должно быть развевающихся частей одежды во избежание захвата их вращающимся штоком.

Так же безопасность рабочих осуществляется:

Отсутствием на наружных поверхностях арматуры острых выступающих частей и кромок; защитой персонала от движущихся частей арматуры и приводов (исполнительных механизмов); креплением арматуры для защиты ее от срыва или смещения при возникновении значительных реактивных сил от сбрасываемой рабочей среды, при вероятности сейсмического воздействия на арматуру, а также для снятия нагрузок на арматуру от воздействия трубопровода.

## **5.4 Охрана окружающей среды**

### **Защита селитебной зоны**

Компрессорная станция (КС) является источником интенсивного шума, который распространяется как в помещениях и на территории

газотранспортного предприятия, так и на территории селитебной застройки. Так, в одном метре от звукоактивной поверхности технологического оборудования уровень звука достигает 128 дБ А, в производственных помещениях до 95 дБА, на территории предприятия до 92 дБА. Размеры санитарнозащитных зон КС по шуму без внедрения мероприятий по шумоглушению могут достигать 6 км.

Шумовое поле КС обусловлено суперпозицией шумовых полей основных источников шума, к которым на территории КС и ближайшей селитебной застройки следует отнести источники, имеющие высокий уровень звуковой мощности, расположенные высоко над уровнем земли и не затененными деревьями, и растениями.

Расположение производственной территории относительно селитебной:

- при проектировании зоны необходимо обеспечить защиту селитебной территории от загрязнения промышленными газами, отходами, сточными водами;
- Промышленные предприятия должны быть удалены от селитебной территории на расстояние, соответствующее степени вредности предприятия.

В соответствии с Санитарными Нормами 245-71, в зависимости от вида производства, выделяемых вредных выбросов и условий технического процесса установлена протяженность санитарно-защитной зоны.

Территория санитарно-защитной зоны должна быть благоустроена и озеленена по проекту благоустройства, разрабатываемому одновременно с проектом строительства или реконструкции предприятия.

С целью уменьшения загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами, выделяемыми стационарными источниками: резервуарами, открытыми дренажными емкостями, факельными блоками размещение их осуществляется с учетом господствующего направления ветра, чтобы

уменьшить попадание веществ, загрязняющих атмосферный воздух, на селитебную зону.

### **Воздействие на атмосферу**

Запорные устройства на трубопроводах ГКС предназначены для подачи или остановки природного газа, который представляет собой смесь продуктов сгорания с избыточным горением. В общем случае продукты сгорания могут содержать:

- продукты полного сгорания горючих компонентов топлива;
- компоненты неполного сгорания топлива;
- окислы азота.

Выхлопные газы, загрязняют атмосферу. Частицы, содержащиеся в выхлопном газе, наносят вред здоровью человека, попадая в органы дыхания. Для снижения концентрации вредных веществ выхлопных газов необходима более тщательная подготовка топливного газа, для снижения содержания механических примесей.

### **Воздействие на гидросферу**

Возможным воздействием может являться, разлив смазочно-охлаждающих жидкостей, а также отработанного масла поршневого компрессора и двигателя, в случае несоблюдения правил замены жидкостей и их транспортировки.

### **Воздействие на литосферу**

Работа запорных устройств подразумевает осуществление регулярного технического обслуживания. Замена отработавших материалов и узлов приводит к образованию твердых отходов производства (металлолом черный и цветной, фторопласт, прочий бытовой и технический мусор). Для утилизации бытовых отходов применяются полигоны твердых бытовых отходов.

## **Решения по обеспечению экологической безопасности**

При выполнении работ по наливу, сливу, зачистке транспортных средств и хранилищ следует соблюдать инструкции и правила техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности, разработанные для каждого предприятия с учетом специфики производства.

Работающие с нефтепродуктами должны быть обучены безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004-90.

При работе с отработанными нефтепродуктами, являющимися легковоспламеняющимися и ядовитыми веществами, необходимо применять индивидуальные средства защиты по типовым отраслевым нормам.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды нефтепродуктами, уменьшения пожарной опасности и улучшения условий труда рекомендуются установки герметичного налива и слива, стационарные шланговые устройства, системы автоматизации процессов сливно-наливных операций.

Режим слива и налива нефтепродуктов, конструкция и условия эксплуатации средств хранения и транспортирования должны удовлетворять требованиям электростатической искробезопасности по ГОСТ 12.1.018-93.

Устройства полигонов твердых бытовых отходов должны организовываться в соответствии с СанПиНом 2.1.7.722-98.

### **5.5. Защита в чрезвычайных ситуациях**

#### **Описание превентивных мер по предупреждению ЧС**

Возможные ЧС на объекте:

- высокая вероятность взрыва и возникновения пожара;
- аварийная остановка при разрушении остановки;
- аварийная остановка при повышении уровня вибрации.

#### **Высокая вероятность взрыва и возникновения пожара.**

Пожарная опасность при эксплуатации резервуаров определяется несколькими факторами: разрушение арматуры, потери герметичности по

отношению к внешней среде, последующим выходом легковоспламеняющегося продукта из трубопровода во внешнюю среду, появлением «случайной» искры в пределах выхода газа, а также при неисправности газокомпрессора, в следствии чего приведет к замыканию или взрыву рабочей области компрессора. В результате может возникнуть тепловое воздействие на организм, недостаток кислорода, повреждение поверхности тела, ожоги, ранение обломками, потеря сознания, удушье и смерть при продолжительном вдыхании СО.

Для предотвращения требуется проводить контроль состава воздушной среды, регламентировать огневые работы, не допускать нагрева оборудования до температуры самовоспламенения, применять материалы, не создающие при соударении искр, взрывозащищенное оборудование. Исходя из характеристик возможных чрезвычайных ситуаций, изготавливают трубопроводную арматуру исходя из требований стойкости изделий к любым внешним воздействиям.

В случае выхода из строя запорной арматуры или привода запорной арматуры, которая может повлечь за собой все выше перечисленные факторы ЧС, прибегают к установке на трубопроводах предохранительной арматуры, которая незамедлительно сработает и перекроет поток газа по трубопроводу.

Компрессорная станция является объектом повышенной опасности для всего персонала, а также объектом, на котором установлено дорогостоящее оборудование, эксплуатировать которое должны специалисты предприятия, которые прошли обучение и имеют допуск к работе оборудования, транспорта, а также знают, как действовать в случаях аварий, в нештатных ситуациях.

## **5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Правила безопасного ведения работ регламентируются ПБ 12-368-00 "Правила безопасности в газовом хозяйстве", который разработан в соответствии с "Положением о Федеральном горном и промышленном

надзоре России" и учитывают требования Федерального закона "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.97 N 116-ФЗ, а также других действующих нормативных документов.

Допуск к работе имеют лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, обученные безопасным методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке.

Лица женского пола могут привлекаться к проведению отдельных газоопасных работ, предусмотренных технологическими регламентами и инструкциями и допускаемых законодательством о труде женщин.

К выполнению работ допускаются руководители, специалисты и рабочие, обученные и сдавшие экзамены на знание правил безопасности и техники безопасности, умеющие пользоваться средствами индивидуальной защиты и знающие способы оказания первой (доврачебной) помощи. установленном порядке.

Первичное обучение рабочих безопасным методам и приемам труда; руководителей и специалистов, лиц, ответственных за безопасную эксплуатацию газового хозяйства и ведение технического надзора, а также лиц, допускаемых к выполнению газоопасных работ, должно проводиться в организациях (учебных центрах), имеющих соответствующую лицензию.

Лица женского пола могут привлекаться к проведению отдельных газоопасных работ, предусмотренных технологическими регламентами и инструкциями и допускаемых законодательством о труде женщин.

Основным органом государственного надзора и контроля за состоянием охраны труда является Федеральная служба по труду и занятости. В ее структуру входят Управление надзора и контроля за соблюдением законодательства о труде, территориальные органы по государственному

надзору и контролю за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, государственные инспекции труда субъектов Российской Федерации.

Персонал, обслуживающий арматуру, должен пройти инструктаж по технике безопасности, быть ознакомлен с руководством по монтажу, наладке, эксплуатации и техническому обслуживанию и паспортом на задвижки, техническим описанием и инструкцией по эксплуатации и паспортом на электропривод, иметь индивидуальные средства защиты, соблюдать требования пожарной безопасности.

Организация обучения персонала правилам безопасности труда - по ГОСТ 12.0.004-90

ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Общие требования.

ГОСТ 12.2.062-81 Оборудование производственное. Ограждения защитные.

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

## **Заключение**

В результате выполненного обзора механизмов, преобразующих вращательное движение в поступательное, установлено, что в настоящее время наиболее перспективными являются планетарные роliko-винтовые механизмы. Рассмотрены и проанализированы основные, конструктивные и технологические особенности ПРВП, задвижек и их приводов.

ПРВП имеют большое количество конструкций, отличающихся по относительным размерам резьбовых деталей, по схеме преобразования вращательного движения в поступательное, по составу механизма, по наличию или отсутствию осевого люфта и т.д. Однако литературы по конструкциям современных передач винт – гайка, методике их проектирования и областям применения явно недостаточно.

Для расчета ПРВП на износостойкость сформулированы цель и задачи исследований, выбрана наиболее простая конструкция безгаечного роliko-винтового механизма с неподвижными осями роlikов, так как расчет ПРВП на износостойкость является очень длительным и сложным.

Разработана и спроектирована конструкция электропривода задвижки на базе планетарной роliko-винтовой передачи.

### Список использованных источников

1. Решетов Д.Н. Детали машин. – М.: Машиностроение, 1974. – 656 с.
2. Павлов Б.И. Шариковинтовые механизмы в приборостроении. – Л.: Машиностроение, 1986. – 134 с.
3. Марголин Л.В. Планетарная передача винт – гайка качения с резьбовыми роликами // Станки и инструмент. – 1970. – №1. – С. 42 – 43.
4. Планетарная передача винт – гайка / Л.В. Марголин (СССР), 1972.
5. Бушенин Д.В. Несоосные винтовые механизмы. – М.: Машиностроение, 1985. – 112 с.
6. Несоосные и планетарные резьбовые передачи в машиностроении и приборостроении: Тез. докл. науч.-техн. семинара / Под ред. Д.В. Бушенина; Владим. политехн. ин-т. – Владимир, 1973. – 146 с.
7. Новоселов Б.В., Бушенин Д.В. Проектирование механических передач следящего привода: Метод. рекомендации / Владим. политехн. ин-т. – Владимир, 1980. – 172 с.
8. Попов Б.К. Проектирование планетарных роликвинтовых механизмов по требованиям к выходному перемещению и коэффициенту полезного действия: Автореф. дис.... канд. техн. наук / Владим. политехн. ин-т. – Владимир, 1987. – 24 с.
9. ГОСТ 9698-86. Задвижки. Основные параметры
10. Сейнов С.В., Сейнов Ю.С. Задвижки клиновые. Использование. Техническое обслуживание. Ремонт. Технический справочник из серии «Эксплуатация и ремонт арматуры, трубопроводов, оборудования. - М.: Инструмент, 2003. - 144 с.
11. <http://www.findpatent.ru/patent/254/2544677.html>
12. <http://www.findpatent.ru/patent/222/2223434.html>
13. <http://www.findpatent.ru/patent/230/2306471.html>
14. Елкин А.И. Разработка и исследование электромеханических модулей газопроводной арматуры с высокой надежностью, 2004

15. Гуревич Д.Ф. Трубопроводная арматура: Справочное пособие.  
«Машиностроение», 1981. - 386 с.
16. Промышленная трубопроводная арматура. Каталог, ч.1/Сост. Иванова  
О.Н., Устинова Е.И., Свердлов А.И. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1979. 190
17. Козырев В.В. Конструкции роликвинтовых передач и методика их  
проектирования
18. Вестник магистратуры 2016 143с.
19. Блинов Д.С. Планетарные роликвинтовые механизмы. Конструкции,  
методика расчетов.