

Закрытое акционерное общество  
«АЙКАКАН АТОМАЙИН ЭЛЕКТРАКАЯН»  
(«АРМЯНСКАЯ АТОМНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

ЗАО «ААЭК»

Главный инженер

ЗАО «ААЭК»



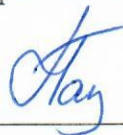
Григорян А.Р.

«        »        2017 г.

**СОГЛАСОВАНО**

АО «Русатом Сервис»

Первый заместитель генерального  
директора АО «Русатом Сервис»



Пашевич Д.В.

«        »        2017 г.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ О ТЕХНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ И ОСТАТОЧНОМ  
РЕСУРСЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЫЕМА  
И ТРАНСПОРТИРОВКИ ВКУ ЧЕРТ.8508.43.800 (РЕГ.№ 1.4)  
ЭНЕРГОБЛОКА № 2 АРМЯНСКОЙ АЭС  
ОТЧ АТЭ.166.1399-2017**

**СОГЛАСОВАНО**

От ЗАО «ААЭК»

Заместитель генерального директора  
по ПСЭ ЗАО «ААЭК»



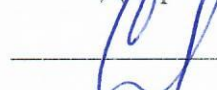
Севи́кян Г.А.

«        »        2017 г.

**СОГЛАСОВАНО**

От АО «Атомтехэнерго»

Заместитель генерального директора  
по ВЭД и развитию бизнеса

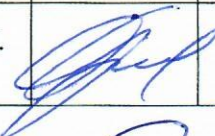
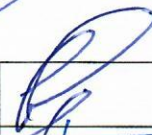


Семухин М.В.

«        »        2017 г.

|                                                                                                                                                                         |                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе<br>оборудования для выема и транспортировки ВКУ<br>черт.8508.43.800 (рег.№1.4)<br>энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

**Лист согласования**

|                             | Должность                                                                                                  | Ф. И. О.              | Подпись                                                                               | Дата |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>ОАО «Атоммашэкспорт»</b> |                                                                                                            |                       |                                                                                       |      |
| Утверждаю                   | Заместитель технического директора-главного конструктора-начальник отдела прочности и ресурса оборудования | Топчиев А.А.          |    |      |
| Разработал                  | Ведущий инженер – конструктор                                                                              | Кодрин М.В.           |    |      |
| <b>АО «Атомтехэнерго»</b>   |                                                                                                            |                       |                                                                                       |      |
| Согласовано                 | Руководитель проекта                                                                                       | Григорцовский В.В.    |   |      |
| Согласовано                 | Заместитель руководителя проекта                                                                           | Дубовской А.Н.        |  |      |
| <b>АО «Русатом Сервис»</b>  |                                                                                                            |                       |                                                                                       |      |
| Согласовано                 | ЗГД – технический директор                                                                                 | Кузьмин В.П.          |  |      |
| Согласовано                 | Заместитель директора по управлению проектами                                                              | Бредов В.В.           |  |      |
| Согласовано                 | Начальник отдела по ПСЭ и модернизации                                                                     | Скирда Н.Д.           |  |      |
| Согласовано                 | Главный технолог отдела по ПСЭ и модернизации                                                              | Тефанов В.И.          |                                                                                       |      |
| Нормоконтроль               | Менеджер проекта                                                                                           | Бабаева Т.В.          |  |      |
| <b>ЗАО «ААЭК»</b>           |                                                                                                            |                       |                                                                                       |      |
| Согласовано                 | <i>НОРМЭ</i>                                                                                               | <i>Тригорян Р.М.</i>  |  |      |
| Согласовано                 | <i>ЗНОРМЭ</i>                                                                                              | <i>Начагулян М.М.</i> |   |      |
| Согласовано                 | <i>МСБСР</i>                                                                                               | <i>Байдарян В.В.</i>  |   |      |

|                                                                                                                                                     |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе<br>оборудования для выема и транспортировки ВКУ<br>(рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

## Содержание

|    |                                                                                                                                                                                                                                |    |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Термины и определения .....                                                                                                                                                                                                    | 4  |
| 2  | Обозначения и сокращения .....                                                                                                                                                                                                 | 6  |
| 3  | Общие сведения и положения .....                                                                                                                                                                                               | 7  |
| 4  | Сведения об обследуемом оборудовании .....                                                                                                                                                                                     | 8  |
| 5  | Результаты анализа ЭД, ПКД и НД, истории эксплуатации. ....                                                                                                                                                                    | 10 |
| 6  | Краткая информация о методах и средствах контроля, методиках анализа, оценки и прогнозирования технического состояния, надежности и РХ .....                                                                                   | 13 |
| 7  | Обобщенные результаты оценки технического состояния и обоснования остаточного ресурса.....                                                                                                                                     | 14 |
| 8  | Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе .....                                                                                                                                                                  | 17 |
| 9  | Критерии оценки и способы подтверждения остаточного ресурса элементов энергоблока с требуемой надежностью в период дополнительного срока их службы                                                                             | 18 |
| 10 | Рекомендации по поддержанию требуемой надежности и совершенствованию контроля технического состояния и диагностирования элементов .....                                                                                        | 19 |
|    | Приложение А Перечень использованной документации.....                                                                                                                                                                         | 20 |
|    | Приложение Б Копии актов и протоколов по результатам выполненных работ .....                                                                                                                                                   | 22 |
|    | Приложение В Проект Решения о возможности, сроках и условиях дальнейшей эксплуатации оборудования для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.800 (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС (отдельное приложение на 8 листах) |    |
|    | Приложение Г Оборудование для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.800. Расчет на прочность АМЕ 1317.09.00.000 РР (отдельное приложение на 86 листах)                                                                      |    |

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

## 1 Термины и определения

| Термин                                                     | Определение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Атомная станция (АС)                                       | Ядерная установка для производства энергии в заданных режимах и условиях применения, располагающаяся в пределах определенной проектом территории, на которой для осуществления этой цели используется ядерный реактор (реакторы) и комплекс необходимых систем, устройств, оборудования и сооружений с необходимыми работниками (персоналом) |
| Восстанавливаемый элемент                                  | Элемент, для которого в рассматриваемой ситуации проведение восстановления работоспособного состояния предусмотрено в нормативной и/или конструкторской (проектной) документации. ГОСТ 27.002-89                                                                                                                                             |
| Документ(ация)                                             | Письменная или наглядная информация, описывающая, определяющая, устанавливающая, сообщающая или удостоверяющая виды работ, требования, методы или результаты                                                                                                                                                                                 |
| Дополнительный срок эксплуатации                           | Календарная продолжительность (период) эксплуатации блока АС на мощности сверх назначенного срока службы. НП-017-2000                                                                                                                                                                                                                        |
| Замена элемента при управлении ресурсными характеристиками | Организационно-технические мероприятия по выводу из эксплуатации элемента и замене его на новый, направленные на обеспечение требуемой надежности и безопасности эксплуатации. СТО 1.1.1.01.007.0281-2010                                                                                                                                    |
| Качество продукции                                         | Совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением. ГОСТ 15467-79                                                                                                                                                                                         |
| Компенсирующие мероприятия                                 | Технические и организационные меры, направленные на частичное или полное исключение и (или) ограничение влияния на безопасность дефицитов безопасности. НП-017-2000                                                                                                                                                                          |
| Комплексное обследование                                   | Организационные и технические мероприятия, направленные на определение фактического состояния элементов блока АС, предварительную оценку их остаточного ресурса и выявления технической возможности продления срока эксплуатации блока. РБ-027-04                                                                                            |

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

| Термин                           | Определение                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Надежность                       | Свойство элемента сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. СТО 1.1.1.01.007.0281-2010 |
| Невосстанавливаемый элемент      | Элемент, для которого в рассматриваемой ситуации проведение восстановления работоспособного состояния не предусмотрено в нормативной и (или) конструкторской (проектной) документации или экономически нецелесообразно. ГОСТ 27.002-89                                                    |
| Незаменяемый элемент             | Элемент, замена которого невозможна и/или экономически нецелесообразна. РБ-027-04                                                                                                                                                                                                         |
| Нормативно-технические документы | Подлежащие к применению в рамках проекта комплексного обследования энергоблока № 2 ААЭС нормы и правила, нормативная документация, стандарты, включая отраслевые стандарты, устанавливающие требования к работам и услугам, материалам и оборудованию                                     |
| Обеспечение качества             | Часть скоординированной деятельности по руководству и управлению организацией, направленная на создание уверенности, что требования к качеству будут выполнены. НП-090-11                                                                                                                 |
| Остаточный ресурс                | Суммарная наработка объекта от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние. ГОСТ 27.002-89                                                                                                                                                             |
| Предельное состояние             | Состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно. ГОСТ 27.002-89                                                                                             |
| Продление срока эксплуатации     | Деятельность по подготовке блока АС к эксплуатации в период дополнительного срока. НП-017-2000                                                                                                                                                                                            |
| Ресурс                           | Суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние. ГОСТ 27.002-89                                                                                                                                              |
| Техническое руководство          | Выдача квалифицированных технических консультаций и обязательных для выполнения указаний по проведению работ и контролю их выполнения с принятием ответственности за результаты консультаций и указаний                                                                                   |

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

## 2 Обозначения и сокращения

| Сокращение<br>(обозначение) | Расшифровка<br>(пояснение)             |
|-----------------------------|----------------------------------------|
| ААЭС                        | Армянская Атомная Электростанция       |
| АО                          | Акционерное общество                   |
| АС                          | Атомная станция                        |
| АТЭ, Общество               | АО «Атомтехэнерго»                     |
| АЭС                         | Атомная электрическая станция          |
| АЭУ                         | Атомная энергетическая установка       |
| ВИК                         | Визуальный и измерительный контроль    |
| ВКУ                         | Внутрикорпусные устройства             |
| КО                          | Комплексное обследование               |
| КД                          | Конструкторская документация           |
| КК                          | Капиллярный контроль                   |
| КР                          | Капитальный ремонт                     |
| НД                          | Нормативная документация               |
| НТД                         | Нормативно-техническая документация    |
| ОР                          | Остаточный ресурс                      |
| ПНАЭ                        | Правила и нормы в атомной энергетике   |
| ПКД                         | Проектно-конструкторская документация  |
| ППР                         | Планово-предупредительный ремонт       |
| ПСЭ                         | Продление срока эксплуатации           |
| РХ                          | Ресурсные характеристики               |
| СКК                         | Системы, конструкции и компоненты      |
| ТОиР                        | Техническое обслуживание и ремонт      |
| ТОс                         | Техническое освидетельствование        |
| ТР                          | Текущий ремонт                         |
| УРХ                         | Управление ресурсными характеристиками |
| ЦЦР                         | Цех централизованного ремонта          |
| ЭД                          | Эксплуатационная документация          |

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

### **3 Общие сведения и положения**

#### **3.1 Общие сведения о документе.**

3.1.1 Настоящее «Заклучение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС» ОТЧ АТЭ.200.1399-2017 (далее по тексту «Заклучение...») разработано на основании результатов выполненного комплекса работ по «Программе обследования, оценки технического состояния и обоснования остаточного ресурса транспортно-технологического оборудования энергоблока № 2 Армянской АЭС» РП АТЭ.116.1165-2016 (далее по тексту «Программа...») в соответствии с требованиями контракта между ЗАО «ААЭК» и АО «Русатом Сервис» № 309/688-Д от 01.06.2015 г. на выполнение работ, оказание услуг и поставку товаров для продления срока эксплуатации энергоблока № 2 Армянской атомной электростанции до 01.09.2026 года.

3.1.2 «Заклучение...» распространяется на оборудование для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.800 (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС.

3.1.3 Цель разработки «Заклучения...» – оценка технического состояния, обоснование остаточного ресурса и условий дальнейшей эксплуатации.

3.1.4 В соответствии с «Программой...» был выполнен следующий комплекс работ:

- анализ ЭД, ПКД и НД, истории эксплуатации;
- инструментальный контроль, включающий: проверку качества основного металла и сварных соединений, проверку состояния механизмов оборудования, контроль тормозной системы;
- оценка технического состояния основного металла, сварных соединений и наплавов оборудования по результатам инструментального контроля, выполненного в ППР-2016;
- разработка предварительного заключения о возможности эксплуатации оборудования до 30.04.2017 г.;
- расчёт прочности;
- оценка и обоснование остаточного ресурса;
- разработка отчетной документации.

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

#### 4 Сведения об обследуемом оборудовании

##### 4.1 Оборудование для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.800

4.1.1 Оборудование для выема и транспортировки ВКУ представляет собой грузоподъемное приспособление, которое состоит из защитного цилиндра, внутри которого размещен захват с грузоподъемными крюками, расположенными на двух высотах. Верхние три крюка обеспечивают дистанционный захват шахты, а нижние три крюка захватывают БЗТ и корзину.

На верхней раме захвата расположены: гидросистема для подрыва шахты, состоящая из ручного насоса и гидродомкратов, электродвигатель привода верхних крюков и электродвигатель привода нижних крюков. Для обеспечения доступа к механизмам захвата на наружной стороне защитного цилиндра расположена лестница с ограждением. Управление крюками осуществляется с пульта управления.

Основные технические данные и характеристики:

- грузоподъемность проушины захвата, т – 250;
- грузоподъемность верхних крюков захвата, т – 71;
- грузоподъемность нижних крюков захвата, т – 150.

4.1.2 Оборудование для выема и транспортировки ВКУ относится к классу безопасности ЗН по ПНАЭ Г-01-011-97 (НП-001-97), к I категории сейсмостойкости по НП-031-01. Правила ПНАЭ Г-7-008-89 на оборудование для выема и транспортировки ВКУ не распространяются.

4.1.3 Сведения об исходных данных на оборудование для выема и транспортировки ВКУ систематизированы по результатам анализа проектно-конструкторской и эксплуатационной документации и представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 Оборудование для выема и транспортировки ВКУ черт. 8508.43.800

| Наименование                            | Данные                                   |
|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| Наименование и обозначение системы      | Транспортно-технологическое оборудование |
| Цех-владелец                            | ЦЦР                                      |
| Номер помещения (й)                     | РЦ (ЦЗ)                                  |
| Проектная (конструкторская) организация | Завод Уралмаш г. Свердловск              |
| Класс безопасности по НП-001-97         | ЗН                                       |
| Группа по ПН АЭГ-7-008-89               | не распространяются                      |
| Сейсмостойкость по НП-031-01            | I                                        |
| Предприятие изготовитель                | Завод Уралмаш г. Свердловск              |
| Заводской номер                         | 3                                        |

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

Продолжение таблицы 4.1

| Наименование                                             | Данные                               |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Документы на изготовление и поставку                     | Чертеж 8508.43.800<br>ТУ 24-1-591-72 |
| Дата изготовления                                        | 1975г.                               |
| Станционное обозначение (рег.№)                          | 1.4                                  |
| Дата ввода в эксплуатацию                                | 1975 г.                              |
| Марка основного металла                                  | углеродистая сталь                   |
| Материалы для сварки и наплавки                          | электроды типа Э50А<br>ГОСТ 9467-60  |
| Сведения о термообработке                                | Не применялась                       |
| Паспорт (номер по архиву)                                | 8508.43.800 ПС                       |
| Ресурсные характеристики по конструкторской документации | Не установлено                       |
| Температура рабочей среды, °С                            | +5...+40                             |
| Рабочее давление, кгс/см <sup>2</sup>                    | атмосферное                          |
| Рабочая среда                                            | воздух                               |

|                                                                                                                                                |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Закключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

## 5 Результаты анализа ЭД, ПКД и НД, истории эксплуатации.

### 5.1 Перечень проанализированной документации

5.1.1 В соответствии с требованиями нормативной документации проведен анализ правил, норм и руководящих документов в области использования атомной энергии и следующей технической документации, предоставленной ААЭС:

- нормативная документация;
- проектно-конструкторская документация;
- паспорт на оборудование;
- технические условия на поставку;
- действующая эксплуатационная документация;
- документация по ремонту и техническому обслуживанию;
- отчёты и акты о нарушениях в работе АЭС;
- отчётная документация по ТОиР элементов, результатам проверок и испытаний (в том числе по эксплуатационному контролю, испытаниям, освидетельствованиям и опробованиям);
- отчётная документация по ранее выполненным обследованиям и анализам;
- базы данных по отказам, дефектам, событиям.

5.1.2 Перечень использованной документации приведен в приложении А.

### 5.2 Результаты анализа исходных данных

5.2.1 В 2015 году в соответствии с «Частной программой комплексного обследования транспортно-технологического оборудования и грузоподъемных механизмов энергоблока №2 Армянской АЭС» РП АТЭ.116.0900-2015 было выполнено комплексное обследование оборудования для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.800 по результатам которого разработан «Частный отчет по результатам комплексного обследования транспортно-технологического оборудования и грузоподъемных механизмов энергоблока № 2 Армянской АЭС» ОТЧ АТЭ.116.0914-2015.

5.2.2 Целями проведения КО оборудования для выема и транспортировки ВКУ являлось определение фактического ТС и предварительная оценка ОР СКК для определения возможности и условий продления срока эксплуатации энергоблока № 2 ААЭС и разработки программы по подготовке энергоблока № 2 ААЭС к дополнительному сроку эксплуатации.

5.2.3 Результаты выполненного КО свидетельствуют об удовлетворительном техническом состоянии оборудования для выема и транспортировки ВКУ в части металлоконструкции и механизмов. Оборудование для выема и транспортировки ВКУ ремонтнопригодно, что позволяет поддерживать его техническое состояние в соответствии с требованиями ПКД. Электрооборудование, система управления и гидросистема оборудования для выема и транспортировки ВКУ находятся в работоспособном состоянии, но за время эксплуатации морально и физически устарели.

5.2.4 Техническое состояние оборудования для выема и транспортировки ВКУ соответствует требованиям НД, ПКД и ЭД. Определяющие параметры состояния металла представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 Определяющие параметры состояния металла оборудования для

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

#### выема и транспортировки ВКУ

| Локализация                                  | Контролируемый эффект старения металла | Определяющие параметры состояния металла                    | Критерии оценки состояния металла                           |
|----------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Оборудование для выема и транспортировки ВКУ | Изменение размеров                     | Соответствие размеров элементов оборудования требованиям КД | соответствие размеров элементов оборудования требованиям КД |
|                                              | Образование трещин                     | Наличие трещин                                              | Отсутствие трещин                                           |
|                                              | Язвы, питтинги                         | Наличие и размеры язв и питтингов                           | Отсутствие язв и питтингов                                  |

5.2.5 Явных признаков старения и других существенных препятствий к дальнейшей эксплуатации оборудования для выема и транспортировки ВКУ при анализе документации не выявлено. Неисправности отдельных элементов, как правило, выявляются и устраняются в период проведения технического обслуживания и плановых ремонтов и не сказываются на работоспособности и сроке службы оборудования для выема и транспортировки ВКУ.

5.2.6 Принятая стратегия ТОиР в целом, квалификация персонала ААЭС и имеющаяся ремонтная база позволяют поддерживать удовлетворительное техническое состояние и достаточный уровень надежности работы оборудования.

5.2.7 Информация по стратегии ТОиР представлена в таблице 5.2.

Таблица 5.2. Стратегии ТОиР

| Ремонтный цикл                                                                                                               | Наличие ремонтной документации (заводской и станционной) и ее перечень                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Проверка состояния механизмов подъема и захвата, проверка работы фиксаторов, нижних и верхних захватов – ежегодно, перед ППР | Инструкция. Учет, маркировка, регистрация, техническое обслуживание и ремонт приспособлений и механизмов, используемых при транспортно-технологических операциях с тепловыделяющими сборками и отработавшими тепловыделяющими сборками УР.ЭТД.12.ОПР-001 |

5.2.8 Информация о последнем КР представлена в таблице 5.3

Таблица 5.3. Информация по результатам последних КР

| Вид работ                                                                         | Дата       | № отчетного документа |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------|
| Капитальный ремонт. Зачистка захватов, регулировка винтов, установка светильников | 1993-1994г | №1т.о.-95             |

5.2.9 Отказов, нарушений режимов эксплуатации и повреждений за период эксплуатации не зафиксировано.

|                                                                                                                                                |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Закключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

5.2.10 Качество документации по эксплуатации и ТОиР оборудования для выема и транспортировки ВКУ удовлетворяет требованиям НД, ПКД. В комплекте документации отсутствуют расчеты на статическую прочность, сейсмическую прочность и сейсмические воздействия.

### **5.3 Сведения об установленных РХ, наработке, выработанных циклах нагружений**

5.3.1 В ПКД данные по допускаемому числу и виду эксплуатационных режимов оборудования для выема и транспортировки ВКУ не установлены.

5.3.2 Сведения о наработке оборудования для выема и транспортировки ВКУ представлены в таблице 5.4

Таблица 5.4 Сведения о наработке оборудования для выема и транспортировки ВКУ

|                                                                                                       |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Фактическое использование оборудования (где и какой технологический процесс обслуживает оборудование) | Выем, транспортировка и установка БЗТ, корзины выемной, шахты |
| Максимальная масса поднимаемого груза, т                                                              | 80                                                            |
| Длина обслуживаемой зоны вдоль цеха, м                                                                | 100                                                           |
| Количество часов работы в сутки, час                                                                  | 1                                                             |
| Количество дней в году, когда работает оборудование, дн                                               | 4                                                             |
| Количество циклов работы оборудования в сутки, цикл                                                   | 1                                                             |

5.3.3 Сведения о дате изготовления и ввода в эксплуатацию оборудования для выема и транспортировки ВКУ представлены в таблице 4.1.

5.3.4 Срок службы оборудования для выема и транспортировки ВКУ ПКД не установлен.

5.3.5 Срок службы с начала ввода в эксплуатацию оборудования для выема и транспортировки ВКУ на Армянской АЭС по состоянию на 2016 г. составляет 37 лет (с марта 1989г до апреля 1994г. оборудование простаивало).

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

## **6 Краткая информация о методах и средствах контроля, методиках анализа, оценки и прогнозирования технического состояния, надежности и РХ**

### **6.1 Объем выполненных работ**

6.1.1 Методы и средства контроля технического состояния, надежности и РХ приведены в «Программе...».

6.1.2 В соответствии с «Программой...» был выполнен следующий комплекс работ:

- анализ ЭД, ПКД и НД, истории эксплуатации;
- выявление повреждающих факторов и механизмов старения (в том числе доминирующих);
- установление определяющих параметров технического состояния и старения, установление критериев предельного состояния;
- обследование технического состояния оборудования;
- выполнение расчетных обоснований;
- оценка ТС и ОР на основании сопоставления полученных характеристик с их проектными показателями.

6.1.3 Инструментальный контроль технического состояния оборудования для выема и транспортировки ВКУ выполнялся специалистами АО «Атоммашэкспорт» и ААЭС, аттестованными в установленном порядке в соответствии с требованиями ПНАЭ Г-7-010-89. Аппаратура и средства, применяемые для контроля, соответствуют требованиям действующих нормативных документов на конкретные виды контроля.

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

## **7 Обобщенные результаты оценки технического состояния и обоснования остаточного ресурса**

### **7.1 Оценка технического состояния оборудования для выема и транспортировки ВКУ энергоблока № 2 Армянской АЭС**

7.1.1 Состояние оборудования для выема и транспортировки ВКУ энергоблока № 2 Армянской АЭС – работоспособное, исправное, соответствует требованиям конструкторской (проектной) и нормативной документации.

7.1.2 Условия и режимы эксплуатации оборудования для выема и транспортировки ВКУ энергоблока № 2 ААЭС соответствуют требованиям ЭД.

7.1.3 Сведения о результатах периодического технического освидетельствования оборудования для выема и транспортировки ВКУ энергоблока № 2 Армянской АЭС оформлены в установленном на АЭС порядке.

7.1.4 Данные о примененных основных материалах оборудования для выема и транспортировки ВКУ энергоблока № 2 Армянской АЭС приведены в паспорте оборудования.

7.1.5 По результатам контроля согласно «Программе...» недопустимых дефектов и повреждений основного металла и сварных соединений оборудования для выема и транспортировки ВКУ не выявлено.

7.1.6 За весь период эксплуатации отказов в работе оборудования для выема и транспортировки ВКУ не зафиксировано.

7.1.7 По результатам инструментального контроля оборудования для выема и транспортировки ВКУ энергоблока № 2 Армянской АЭС установлено:

- по результатам ВИК трещин, механических, коррозионных повреждений, расслоений основного металла не выявлено. По результатам ВИК оборудования в соответствии с разделом 7 «Программы...» капиллярный контроль не проводился.

- по результатам ВИК трещин, непроваров, прожогов, отслоений, подрезов и других дефектов на сварных соединениях не выявлено. По результатам ВИК оборудования в соответствии с разделом 7 «Программы...» капиллярный контроль сварных соединений не проводился.

- по результатам ВИК механизмов повышенный шум, вибрации, подтеки масла, механические и коррозионные повреждения и т.д. не выявлены.

- по результатам ВИК тормозной системы царапины, риски, трещины, выбоины и других дефекты не выявлены. Износ тормозных шкивов не превышает допускаемые. Радиальное биение тормозного шкива составляет не более 0,02 мм.

- по результатам проверки работоспособности (испытание на «сцепление-расцепление») установлено, что операции «сцепление-расцепление» происходят без задержек, все заходы и выдвигания плавные, без заеданий.

7.1.8 Копии актов и протоколов по результатам выполненного контроля приведены в приложении Б.

7.1.9 Методы и объем выполненного контроля приведен в таблице 7.1.

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

Таблица 7.1. Методы и объем контроля

| Объект контроля                                                                                                                                                                                          | Метод контроля | Объем контроля                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Отчетный документ               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Основной металл несущих элементов оборудования для выема и транспортировки ВКУ (захваты, крюки и их подвески, проушины, тяги, обечайки захвата г.п.71 т., фиксаторы). Крепежные детали захвата г.п.71 т. | ВИК            | 100% доступных мест, включая:<br>– визуальный и измерительный контроль основного металла;<br>– контроль состояния крепежных деталей.                                                                                                                                                                                          | Акт № 1В-9-026 от 13.09.2016 г. |
| Сварные соединения №№ б/н-1 ÷ б/н-3 металлоконструкции оборудования для выема и транспортировки ВКУ                                                                                                      | ВИК            | 100% в доступных местах                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Акт № 1В-9-027 от 13.09.2016 г. |
| Механизмы оборудования для выема и транспортировки ВКУ                                                                                                                                                   | ВИК            | 100% доступных мест, включая:<br>– визуальный контроль с целью анализа общего состояния и работоспособности механизмов оборудования для выема и транспортировки ВКУ;<br>– визуальный контроль состояния крепежных деталей крепления элементов механизмов оборудования для выема и транспортировки ВКУ                         | Акт № 1В-9-028 от 13.09.2016 г. |
| Тормозная система оборудования для выема и транспортировки ВКУ, включая:<br>– тормозные шкивы;<br>– тормозные накладки;<br>– пружины;<br>– крепежные детали                                              | ВИК            | 100% доступных мест, включая:<br>– визуальный контроль основного металла тормозных шкивов;<br>– измерительный контроль тормозных шкивов на износ;<br>– контроль радиального биения тормозных шкивов;<br>– визуальный контроль тормозных накладок;<br>– визуальный контроль пружин;<br>– визуальный контроль крепежных деталей | Акт № 1В-9-029 от 13.09.2016 г. |
| Проверка работоспособности                                                                                                                                                                               | -              | Испытание на «сцепление-расцепление»                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Протокол № АМЕ003-16            |

|                                                                                                                                                |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Закключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

7.1.10 На основании анализа имеющейся технической документации и оценки результатов инструментального контроля можно сделать заключение о том, что оборудование для выема и транспортировки ВКУ находится в удовлетворительном состоянии.

## **7.2 Результаты обоснования остаточного ресурса**

7.2.1 В соответствии с требованиями ПНАЭ Г-7-002-86, РД ЭО 1.1.2.05.0330-2012 и НП-031-01 выполнены следующие расчеты:

- расчет на статическую прочность;
- расчет на циклическую прочность;
- расчет на сейсмические воздействия.

7.2.2 В соответствии с требованиями ПНАЭ Г-7-002-86 не проводились расчеты:

- на устойчивость (в связи с отсутствием наружного давления и общих сжимающих нагрузок);
- на длительную циклическую прочность, так как расчетная температура ниже температуры начала ползучести (350°C);
- на хрупкую прочность, так как элементы конструкций, не подвергаются нейтронному облучению, а материалы элементов конструкций при температуре 20 °C имеют предел текучести менее 300 МПа и толщину стенок менее 25 мм;
- на длительную статическую прочность, так как расчетная температура ниже температуры начала ползучести (350°C);
- на прогрессирующее формоизменение в связи с отсутствием существенных неравномерных температурных нагрузок и отсутствием ограничений на остаточные изменения формы элементов по условиям нормальной эксплуатации.

7.2.3 Проведение расчетов на статическую и циклическую прочность, сейсмостойкость оборудования выполняются в соответствии с требованиями НП-031-01, ПНАЭ Г-7-002-86 с использованием программно-вычислительного средства ANSYS, аттестованного в установленном порядке (Ростехнадзором) и предназначенного для расчета линейных статических задач прочности, модального анализа, стационарных и нестационарных задач теплофизики, включая теплопроводность, конвекцию и излучение.

7.2.4 Расчет оборудования на прочность проводится для основных силовых элементов оборудования (силовые балки, болтовые соединения и т.п.).

7.2.5 Расчёт прочности металлоконструкции оборудования проводится по программе конечно-элементного анализа ANSYS. Для определения напряженно-деформированного состояния конструкции оборудования при воздействии нагрузок рассматриваемых расчётных режимов строятся полномасштабные трёхмерные конечно-элементные модели оборудования.

7.2.6 На основании результатов расчетов на статическую прочность проводится расчет на циклическую прочность, то есть определение накопленного усталостного повреждения по фактическому графику нагрузок за срок эксплуатации.

7.2.7 Выполненный расчет показал, что прочность несущих металлоконструкций оборудования для выема и транспортировки ВКУ обеспечена во всех режимах эксплуатации.

|                                                                                                                                                |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Закключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

## **8 Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе**

8.1. Состояние оборудования для выема и транспортировки ВКУ – работоспособное, исправное, соответствует требованиям ПКД и нормативной документации.

8.2. Условия и режимы эксплуатации оборудования для выема и транспортировки ВКУ соответствуют требованиям эксплуатационной документации.

8.3. Состояние основного металла и сварных соединений оборудования для выема и транспортировки ВКУ на момент контроля соответствует требованиям ПКД и нормативной документации.

8.4. Для оборудования для выема и транспортировки ВКУ выполняются условия статической, сейсмической и циклической прочности на текущий момент и на продлеваемый срок до 01.09.2026 г.

8.5. Учитывая ремонтпригодность и существующую систему ТОиР, оборудования для выема и транспортировки ВКУ может эксплуатироваться до 01.09.2026 г., при:

- соблюдении условий и режимов эксплуатации, предусмотренными ЭД;
- соблюдении периодичности ТОиР в соответствии с требованиями ПКД и действующей НД;
- соблюдении сроков проведения технического освидетельствования с требованиями ПКД и действующей НД;
- условии проведения работ по управлению ресурсными характеристиками в соответствии с разработанной ААЭС программой по УРХ.

8.6. Для повышения надежности эксплуатации оборудования для выема и транспортировки ВКУ в ДСЭ необходимо выполнить доработку (модернизацию), включающую замену системы управления, электрооборудования и гидросистемы до конца 2019 г.

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

## **9 Критерии оценки и способы подтверждения остаточного ресурса элементов энергоблока с требуемой надежностью в период дополнительного срока их службы**

9.1. Критерием оценки технического состояния оборудования для выема и транспортировки ВКУ является соответствие (не соответствие) фактических определяющих параметров технического состояния численным значениям или качественным показателям соответствующих параметров, установленных требованиями конструкторской документации и нормативной документации.

9.2. В качестве доминирующих механизмов старения металла оборудования для выема и транспортировки ВКУ необходимо рассматривать локальную коррозию, образование трещин.

9.3. Оценка технического состояния оборудования для выема и транспортировки ВКУ осуществляется по параметрам состояния металла, обеспечивающим возможность выполнения оборудованием своих функций с выполнением требований действующей конструкторской и нормативной документации в период дополнительного срока эксплуатации энергоблока № 2 Армянской АЭС.

9.4. Контролируемыми эффектами проявления локальной коррозии являются язвы, питтинг.

9.5. Критериями ресурсного предельного состояния оборудования для выема и транспортировки ВКУ являются:

- допустимая глубина проникновения коррозии (при коррозионном износе);
- соответствие геометрических размеров чертежу;
- целостность лакокрасочного покрытия;
- отсутствие видимых повреждений (задилов, вмятин, трещин, коррозии);
- фактическая толщина металла не должна быть менее допустимых значений, указанных в рабочей конструкторской документации;
- допустимые размеры дефектов.

9.6. Для установления предельных значений определяющих параметров состояния основного металла рекомендуется использовать ПНАЭ Г-7-010-89, требования конструкторской документации.

9.7. При оценке остаточного ресурса в период ДСЭ, при превышении фактических значений определяющих параметров состояния основного металла оборудования для выема и транспортировки ВКУ допускаемых значений, рекомендуется устранить выявленные дефекты. Выполнить расчетное обоснование (при необходимости).

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

## **10 Рекомендации по поддержанию требуемой надежности и совершенствованию контроля технического состояния и диагностирования элементов**

### **10.1 Организационно-технические (компенсирующие) мероприятия по поддержанию требуемой надежности элемента**

10.1.1 Необходимо выполнить доработку (модернизацию) оборудования для выема и транспортировки ВКУ, включающую замену системы управления, электрооборудования и гидросистемы до конца 2019 г.

10.1.2 С учетом положительного опыта эксплуатации оборудования для выема и транспортировки ВКУ энергоблока № 2 Армянской АЭС, отсутствия отказов в работе и подтверждения его работоспособного, исправного состояния на момент проведения текущих работ по продлению назначенного срока службы, принятие дополнительных корректирующих мер не требуется.

### **10.2 Рекомендации по совершенствованию контроля технического состояния и диагностирования элементов для включения их в программу по УРХ**

10.2.1 Существующая на ААЭС организация эксплуатации, ТОиР, контроля технического состояния и работоспособности оборудования для выема и транспортировки ВКУ энергоблока № 2 в целом в состоянии поддерживать техническое состояние и ресурс оборудования для выема и транспортировки ВКУ на период дополнительного срока эксплуатации.

10.2.2 Совершенствования контроля технического состояния и диагностирования на момент проведения работ по «Программе...» не требуется.

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

**Приложение А**  
**Перечень использованной документации**

| № п/п | Наименование                                                                                                                                                                              | Обозначение                |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1.    | Программа подготовки энергоблока № 2 Армянской АЭС к дополнительному сроку эксплуатации                                                                                                   | ПМ АТЭ.116.0919-2015       |
| 2.    | Обобщающий отчет по результатам комплексного обследования энергоблока № 2 Армянской АЭС                                                                                                   | ОТЧ АТЭ.116.0918-2015      |
| 3.    | Частный отчет по результатам комплексного обследования транспортно-технологического оборудования и грузоподъемных механизмов энергоблока № 2 армянской АЭС                                | ОТЧ АТЭ.116.0914-2015      |
| 4.    | Программа обеспечения качества на выполнение работ по подготовке энергоблока № 2 Армянской АЭС к дополнительному сроку эксплуатации                                                       | СТО АТЭ.116.1124-2016      |
| 5.    | План – график выполнения работ по обследованию технического состояния и обоснованию остаточного ресурса СКК энергоблока № 2 Армянской АЭС                                                 | РД АТЭ.116.1135-2016       |
| 6.    | Продление срока эксплуатации блока атомной станции                                                                                                                                        | СТО 1.1.1.01.006.0327-2008 |
| 7.    | Управление ресурсными характеристиками элементов энергоблоков атомных станций                                                                                                             | СТО 1.1.1.01.007.0281-2010 |
| 8.    | Оценка технического состояния и остаточного ресурса трубопроводов, сосудов и насосов энергоблоков атомных станций. Методика (с изменениями № 1 2013 г., № 2 2014 г., № 3 2015 г.) 2011 г. | РД ЭО 1.1.2.09.0774-2011   |
| 9.    | Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. ОПБ-88/97                                                                                                                       | ПНАЭ Г-01-011-97           |
| 10.   | Основные требования к продлению срока эксплуатации блока атомной станции                                                                                                                  | НП-017-2000                |
| 11.   | Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций                                                                                                                                        | НП-031-01                  |
| 12.   | Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок                                                                                                  | ПНАЭ Г-7-002-86            |
| 13.   | Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок                                                                                | ПНАЭ Г-7-008-89            |
| 14.   | Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля                                                                             | ПНАЭ Г-7-010-89            |

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

| №<br>п/п | Наименование                                                                                                                                                                             | Обозначение              |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 15.      | Руководство по расчёту на прочность оборудования и трубопроводов реакторных установок РБМК, ВВЭР и ЭГП на стадии эксплуатации, включая эксплуатацию за пределами проектного срока службы | РД ЭО 1.1.2.05.0330-2012 |
| 16.      | Паспорт                                                                                                                                                                                  | 8508.43.800 ПС           |
| 17.      | Комплект чертежей                                                                                                                                                                        | 8508.43.800              |

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

## Приложение Б

### Копии актов и протоколов по результатам выполненных работ

**АО «Атоммашэкспорт»  
подразделение 311**

**АКТ № 1В-9-026            от 13.09.2016 г.**

### **ВИЗУАЛЬНОГО И ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ**

**1. Наименование оборудования, тип (чертеж), заводской номер:**

Оборудование для выема и транспортировки ВКУ черт. 8508.43.800., зав. №15.

**2. Объект контроля:**

Основной металл несущих элементов оборудования для выема и транспортировки ВКУ (захваты, крюки и их подвески, проушины, тяги, обечайки захвата г.п.71 т., фиксаторы). Крепежные детали захвата г.п.71 т.

**3. Местоположение:**

Реакторный цех Армянской АЭС.

**4. Объем контроля:**

100% доступных мест, включая:  
– визуальный и измерительный контроль основного металла;  
– контроль состояния крепежных деталей.

**5. Контроль проведен согласно:**

Программе РП АТЭ.116.1165-2016.

**6. Методика контроля:**

РБ-089-14.

**7. Документ по оценке качества:**

Программа РП АТЭ.116.1165-2016.

**8. Результаты контроля:**

– Визуальный и измерительный контроль основного металла несущих элементов оборудования для выема и транспортировки ВКУ показал следующее:  
1) трещин в основном металле не обнаружено,  
2) механических, коррозионных и других видимых повреждений не обнаружено;  
– Контроль состояния крепежных деталей показал, что видимые дефекты крепежных деталей захвата г.п.71 т. отсутствуют.

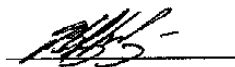
**9. Заключение:**

Качество основного металла несущих элементов оборудования для выема и транспортировки ВКУ удовлетворяет требованиям РП АТЭ.116.1165-2016.  
Крепежные детали захвата г.п.71 т. удовлетворяют требованиям РП АТЭ.116.1165-2016.

|                                                                                                                                                     |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе<br>оборудования для выема и транспортировки ВКУ<br>(рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

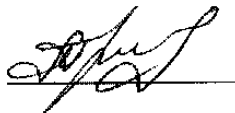
**10. Контроль провел:**

Ведущий инженер-конструктор  
АО «Атоммашэкспорт»



Кодрин М.В.  
Удостоверение № 141-13

Главный инженер проекта  
АО «Атоммашэкспорт»



Тройнов И.В.  
Удостоверение № 139-13

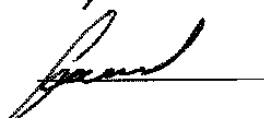
**11. Согласовано:**

Зам. начальника ОРПЭ  
ЗАО «ААЭК»



Хачатурян С.М.

Зам. начальника ЦЦР по РЦ  
ЗАО «ААЭК»



Аршакян А.М.

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

**АО «Атоммашэкспорт»  
подразделение 311**

**АКТ № 1В-9-027 от 13.09.2016 г.**

### **ВИЗУАЛЬНОГО И ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ**

**1. Наименование оборудования, тип (чертеж), заводской номер:**

Оборудование для выема и транспортировки ВКУ черт. 8508.43.800, зав. №15.

**2. Объект контроля:**

Сварные соединения №№ б/н-1 ÷ б/н-3 металлоконструкции оборудования для выема и транспортировки ВКУ.

**3. Местоположение:**

Реакторный цех Армянской АЭС.

**4. Объем контроля:**

100% в доступных местах.

**5. Контроль проведен согласно:**

Программе РП АТЭ.116.1165-2016.

**6. Методика контроля:**

РБ-089-14.

**7. Документ по оценке качества:**

Программа РП АТЭ.116.1165-2016.

**8. Результаты контроля:**

– Визуальный и измерительный контроль сварных соединений №№ б/н-1 ÷ б/н-3 металлоконструкции оборудования для выема и транспортировки ВКУ показал следующее:

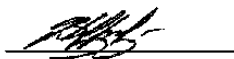
- 1) трещин в сварных швах и околошовных зонах не обнаружено,
- 2) непровары (несплавления), незаваренные кратеры, свищи, прожоги и другие недопустимые дефекты не обнаружены.

**9. Заключение:**

Сварные соединения №№ б/н-1 ÷ б/н-3 металлоконструкции оборудования для выема и транспортировки ВКУ удовлетворяют требованиям РП АТЭ.116.1165-2016.

**10. Контроль провел:**

Ведущий инженер-конструктор  
АО «Атоммашэкспорт»



Кодрин М.В.  
Удостоверение № 141-13

Главный инженер проекта  
АО «Атоммашэкспорт»

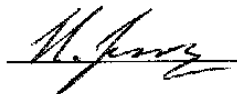


Тройнов И.В.  
Удостоверение № 139-13

|                                                                                                                                                     |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе<br>оборудования для выема и транспортировки ВКУ<br>(рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

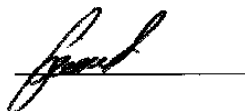
**11. Согласовано:**

Зам. начальника ОРипЭ  
 ЗАО «ААЭК»



Хачатурян С.М.

Зам. начальника ЦЦР по РЦ  
 ЗАО «ААЭК»



Аршакян А.М.

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

**АО «Атоммашэкспорт»  
подразделение 311**

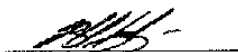
**АКТ № 1В-9-028            от 13.09.2016 г.**

**ВИЗУАЛЬНОГО И ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ**

- 1. Наименование оборудования, тип (чертеж), заводской номер:**  
Оборудование для выема и транспортировки ВКУ черт. 8508.43.800, зав. №15.
- 2. Объект контроля:**  
Механизмы оборудования для выема и транспортировки ВКУ.
- 3. Местоположение:**
- 4. Реакторный цех Армянской АЭС.**
- 5. Объем контроля:**  
100% доступных мест, включая:
  - визуальный контроль с целью анализа общего состояния и работоспособности механизмов оборудования для выема и транспортировки ВКУ;
  - визуальный контроль состояния крепежных деталей крепления элементов механизмов оборудования для выема и транспортировки ВКУ.
- 6. Контроль проведен согласно:**  
Программе РП АТЭ.116.1165-2016.
- 7. Методика контроля:**  
РБ-089-14.
- 8. Документ по оценке качества:**  
Программа РП АТЭ.116.1165-2016.
- 9. Результаты контроля:**
  - Визуальный контроль показал, что механические и коррозионные повреждения, а также деформации узлов и деталей механизмов отсутствуют;
  - При работе механизмов повышенный шум и вибрации отсутствуют;
  - Визуальный контроль крепежных деталей показал, что видимые дефекты крепежных деталей отсутствуют.
- 10. Заключение:**  
Состояние механизмов оборудования для выема и транспортировки ВКУ удовлетворяет требованиям РПАТЭ.116.1165-2016.  
Состояние крепежных деталей удовлетворяет требованиям РП АТЭ.116.1165-2016.

**11. Контроль провел:**

Ведущий инженер-конструктор  
АО «Атоммашэкспорт»



Кодрин М.В.  
Удостоверение № 141-13

Главный инженер проекта  
АО «Атоммашэкспорт»

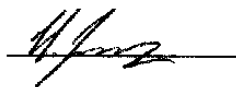


Тройнов И.В.  
Удостоверение № 139-13

|                                                                                                                                                     |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе<br>оборудования для выема и транспортировки ВКУ<br>(рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

**12. Согласовано:**

Зам. начальника ОРиПЭ  
 ЗАО «ААЭК»



Хачатурян С.М.

Зам. начальника ЦЦР по РЦ  
 ЗАО «ААЭК»



Аршакян А.М.

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

**АО «Атоммашэкспорт»  
подразделение 311**

**АКТ № 1В-9-029            от 13.09.2016 г.**

**ВИЗУАЛЬНОГО И ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ**

**1. Наименование оборудования, тип (чертеж), заводской номер:**

Оборудование для выема и транспортировки ВКУ черт. 8508.43.800, зав. №15.

**2. Объект контроля:**

Тормозная система оборудования для выема и транспортировки ВКУ, включая:

- тормозные шкивы;
- тормозные накладки;
- пружины;
- крепежные детали.

**3. Местоположение:**

Реакторный цех Армянской АЭС.

**4. Объем контроля:**

100% доступных мест, включая:

- визуальный контроль основного металла тормозных шкивов;
- измерительный контроль тормозных шкивов на износ;
- контроль радиального биения тормозных шкивов;
- визуальный контроль тормозных накладок;
- визуальный контроль пружин;
- визуальный контроль крепежных деталей.

**5. Контроль проведен согласно:**

Программе РП АТЭ.116.1165-2016.

**6. Методика контроля:**

РБ-089-14.

**7. Документ по оценке качества:**

Программа РП АТЭ.116.1165-2016.

**8. Результаты контроля:**

- Визуальный контроль основного металла тормозных шкивов показал, что царапины, риски, трещины, выбоины, следы смазки на рабочих поверхностях тормозных шкивов отсутствуют;
- Измерительный контроль тормозных шкивов показал, что максимальный износ рабочих поверхностей тормозных шкивов составляет не более 0,1 мм;
- Радиальное биение тормозных шкивов составляет не более 0,02 мм;
- Визуальный контроль тормозных накладок показал, что заклепки утоплены относительно рабочих поверхностей накладок, трещины и обломы накладок отсутствуют;
- Визуальный контроль пружин показал, что поломки отсутствуют;
- Визуальный контроль крепежных деталей показал, что видимые дефекты отсутствуют.

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

#### 9. Заключение:

Качество основного металла тормозного шкива удовлетворяет требованиям РПАТЭ.116.1165-2016.

Качество тормозных накладок, пружины, крепежных деталей удовлетворяет требованиям РПАТЭ.116.1165-2016.

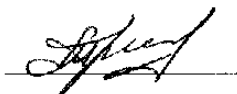
#### 10. Контроль провел:

Ведущий инженер-конструктор  
АО «Атоммашэкспорт»



Кодрин М.В.  
Удостоверение № 141-13

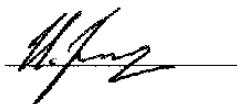
Главный инженер проекта  
АО «Атоммашэкспорт»



Тройнов И.В.  
Удостоверение № 139-13

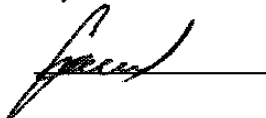
#### 11. Согласовано:

Зам. начальника ОРПЭ  
ЗАО «ААЭК»



Хачатурян С.М.

Зам. начальника ЦЦР по РЦ  
ЗАО «ААЭК»



Аршакян А.М.

|                                                                                                                                                     |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заклучение о техническом состоянии и остаточном ресурсе<br>оборудования для выема и транспортировки ВКУ<br>(рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

### **ПРОТОКОЛ № АМЕ003-16**

#### **О ПРОВЕРКЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ (ИСПЫТАНИЕ НА «СЦЕПЛЕНИЕ- РАСЦЕПЛЕНИЕ») ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЫЕМА И ТРАНСПОРТИРОВКИ ВКУ 8508.43.800**

**Объект обследования:**

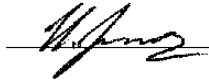
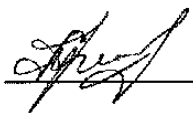
Оборудование для выема и транспортировки ВКУ черт. 8508.43.800.

**Комиссия в составе:**

|                                      |                |
|--------------------------------------|----------------|
| Зам. начальника ЦДР по РЦ ЗАО «ААЭК» | Аршакян А.М.   |
| Зам. начальника ОРПЭ ЗАО «ААЭК»      | Хачатурян С.М. |
| ВИ АО «Атоммашэкспорт»               | Кодрин М.В.    |
| ГИП АО «Атоммашэкспорт»              | Тройнов И.В.   |

составила настоящий протокол о том, что 29.08.2016 года была произведена проверка работоспособности (испытание на «сцепление-расцепление») оборудования для выема и транспортировки ВКУ 8508.43.800. Произведена проверка работы механизмов, фиксаторов, штырей, верхних и нижних крюков.

По результатам проверки установлено, что операции «сцепление-расцепление» происходят без задержек, все заходы и выдвигения плавные, без заеданий. Оборудование для выема и транспортировки ВКУ находится в работоспособном состоянии.

|                                      |                                                                                                     |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Зам. начальника ЦДР по РЦ ЗАО «ААЭК» |  Аршакян А.М.   |
| Зам. начальника ОРПЭ ЗАО «ААЭК»      |  Хачатурян С.М. |
| ВИ АО «Атоммашэкспорт»               |  Кодрин М.В.    |
| ГИП АО «Атоммашэкспорт»              |  Тройнов И.В.   |



|                                                                                                                                                     |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе<br>оборудования для выема и транспортировки ВКУ<br>(рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

**Приложение Д Проект Решения о возможности,  
 сроках и условиях дальнейшей эксплуатации  
 оборудования для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.800 (рег.№1.4)  
 энергоблока № 2 Армянской АЭС  
 (отдельное приложение на 8 листах)**

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер

Армянской АЭС

\_\_\_\_\_ Ф.И.О.

«\_\_»\_\_\_\_\_ 2017 г.

### ПРОЕКТ РЕШЕНИЯ

№ \_\_\_\_\_ от «\_\_»\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

о возможности, сроках и условиях дальнейшей эксплуатации оборудования для выема  
и транспортировки ВКУ черт.8508.43.800 (рег.№1.4)  
энергоблока № 2 Армянской АЭС

1. Настоящее Решение разработано комиссией, созданной указанием ....., на основании требований СТО 1.1.1.01.006.0327-2008 «Продление срока эксплуатации блока атомной станции» и СТО 1.1.1.01.007.0281-2010 «Управление ресурсными характеристиками элементов энергоблоков атомных станций» в связи с окончанием работ по оценке технического состояния и остаточного ресурса оборудования для выема и транспортировки ВКУ, находящегося в эксплуатации с 1975 г. по настоящее время.

Состав комиссии:

- ;
- .

2. Комиссия рассмотрела следующие документы по оценке технического состояния и остаточного ресурса эксплуатации оборудования для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.800 (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС:

- «Предварительное заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе эксплуатации оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС»;
- Акт №1В-9-026 от 13.09.2016г. визуального и измерительного контроля основного металла;
- Акт №1В-9-027 от 13.09.2016г. визуального и измерительного контроля сварных соединений;
- Акт №1В-9-028 от 13.09.2016г. визуального и измерительного контроля механизмов оборудования для выема и транспортировки ВКУ;
- Акт №1В-9-029 от 13.09.2016г. визуального и измерительного контроля тормозной системы оборудования для выема и транспортировки ВКУ;

- Протокол АМЕ003-16 о проверке работоспособности (испытание на «сцепление-расцепление») оборудования для выема и транспортировки ВКУ 8508.43.800;

- АМЕ 1317.09.00.000 РР. Оборудование для выема и транспортировки ВКУ. Расчет на прочность;

- «Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС» ОТЧ АТЭ.116.1399-2017.

3. Работы по оценке технического состояния и остаточного ресурса оборудования для выема и транспортировки ВКУ выполнены в связи с истечением назначенного срока эксплуатации энергоблока № 2 Армянской АЭС и в соответствии с требованиями СТО 1.1.1.01.006.0327-2008 и СТО 1.1.1.01.007.0281-2010, а также с учетом следующих документов:

- Решение Правительства РА за № 461-Ն. о продлении срока службы ААЭС от 19 апреля 2012 года;

- «Программа подготовки энергоблока № 2 Армянской АЭС к дополнительному сроку эксплуатации» ПМ АТЭ.116.0919-2015;

- НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97) Общие положения обеспечения безопасности атомных станций (ОПБ-88/97);

- НП-017-2000 Основные требования к продлению срока эксплуатации блока атомной станции;

4. Оборудование для выема и транспортировки ВКУ изготовлено заводом «Уралмаш» и находится в эксплуатации с 1975 г. по настоящее время. Оборудование относится к классу безопасности ЗН по ПНАЭ Г-01-011-97 (НП-001-97), к I категории сейсмостойкости по НП-031-01. Правила ПНАЭ Г-7-008-89 на оборудование для выема и транспортировки ВКУ не распространяются.

5. Выполнен комплекс работ по обследованию, оценке технического состояния и остаточного ресурса оборудования. Работы выполнены в полном объеме в соответствии с утвержденной «Программой обследования, оценки технического состояния и обоснования остаточного ресурса транспортно-технологического оборудования энергоблока № 2 Армянской АЭС» РП АТЭ.116.1165-2016 и включали следующее:

- анализ технической и эксплуатационной документации;
- обследование технического состояния оборудования для выема и транспортировки ВКУ;

- оценку технического состояния;

- выполнение расчетных обоснований;

- оценку и обоснование остаточного ресурса;

- разработку отчетной документации.

6. В результате проведенных работ установлено:

- состояние оборудования работоспособное, исправное, соответствует требованиям ПКД и нормативной документации;

- фактические параметры, режимы и условия эксплуатации оборудования соответствуют требованиям проектно-конструкторской, эксплуатационной и действующей нормативной документации;

- анализ истории эксплуатации, результатов неразрушающего контроля и возможных механизмов деградации свойств материалов оборудования не выявил

факторов, препятствующих дальнейшей эксплуатации;

- расчетом обоснована прочность и остаточный ресурс в течение 10 лет сверх назначенного срока эксплуатации энергоблока № 2 Армянской АЭС;

- на Армянской АЭС имеется вся необходимая организационная и техническая документация, а также материально-технические средства для поддержания безопасной эксплуатации оборудования, проверок и испытаний, ТОиР, технического освидетельствования, контроля технического состояния;

- в «Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС» ОТЧ АТЭ.116.1399-2017 обоснована возможность безопасной эксплуатации оборудования энергоблока № 2 Армянской АЭС на период дополнительного срока службы при условиях выполнения рекомендаций раздела \_\_\_\_ Заключения.

На основании вышеизложенного

РЕШИЛИ:

1. Признать техническое состояние оборудования для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.00.800 (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС работоспособным и соответствующим требованиям проектно-конструкторской документации и НТД.

2. Продлить срок службы оборудования для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.00.800 (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС, до 01.09.2026 г.

3. Внести срок службы в паспорт оборудования для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.00.800 (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС.

4. Приложить к паспорту оборудования для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.00.800 (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС выполненный расчет на прочность.

Исполнитель: .....Срок: \_\_.\_\_.201\_\_ г.

5. Учесть рекомендации по дальнейшей эксплуатации т оборудования для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.00.800 (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС, указанные в «Заключении о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС» ОТЧ АТЭ.116.1399-2017.

Исполнитель: .....Срок: \_\_.\_\_.201\_\_ г.

6. Настоящее Решение является неотъемлемой частью эксплуатационной документации на оборудование для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.00.800 (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС.

Приложения:

1. «Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования для выема и транспортировки ВКУ (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС» ОТЧ АТЭ.116.1399-2017.

2. Лист согласования АО «Атомтехэнерго» к проекту решения № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. «О возможности, сроках и условиях дальнейшей эксплуатации оборудования для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.00.800 (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС».

3. Лист согласования АО «Русатом Сервис» к проекту решения № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. «О возможности, сроках и условиях дальнейшей эксплуатации оборудования для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.00.800 (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС».

4. Лист согласования АО «НПО «ЦНИИТМАШ» к проекту решения № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. «О возможности, сроках и условиях дальнейшей эксплуатации оборудования для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.00.800 (рег.№1.4) энергоблока № 2 Армянской АЭС».

Должность

\_\_\_\_\_Подпись\_\_\_\_\_Ф.И.О.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Должность

\_\_\_\_\_Подпись\_\_\_\_\_Ф.И.О.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Приложение 1  
к проекту решения

№ \_\_\_\_\_

от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ О ТЕХНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ И ОСТАТОЧНОМ  
РЕСУРСЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЫЕМА И ТРАНСПОРТИРОВКИ ВКУ  
ЧЕРТ.8508.43.800 (РЕГ.№1.4)  
ЭНЕРГОБЛОКА № 2 АРМЯНСКОЙ АЭС  
ОТЧ АТЭ.116.1399-2017**

Приложение 2  
к проекту решения

№ \_\_\_\_\_

от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Лист согласования проекта решения № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_  
20\_\_ г. «о возможности, сроках и условиях дальнейшей эксплуатации оборудования  
для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.00.800 (рег.№1.4) энергоблока № 2  
Армянской АЭС».

Зам. генерального директора  
АО «Атомтехэнерго»

\_\_\_\_\_ М.В. Семухин  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Приложение 3  
к проекту решения

№ \_\_\_\_\_

от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Лист согласования проекта решения № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_  
20\_\_ г. «о возможности, сроках и условиях дальнейшей эксплуатации оборудования  
для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.00.800 (рег.№1.4) энергоблока № 2  
Армянской АЭС».

Первый заместитель  
генерального директора  
АО «Русатом Сервис»

\_\_\_\_\_ Д.В. Пашевич  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Приложение 4  
к проекту решения

№ \_\_\_\_\_

от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Лист согласования проекта решения № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_  
20\_\_ г. «о возможности, сроках и условиях дальнейшей эксплуатации оборудования  
для выема и транспортировки ВКУ черт.8508.43.00.800 (рег.№1.4) энергоблока № 2  
Армянской АЭС».

Заместитель генерального директора–  
директор института  
материаловедения  
АО «НПО «ЦНИИТМАШ

\_\_\_\_\_ В.Н. Скоробогатых  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

|                                                                                                                                                        |                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе<br>оборудования для выема и транспортировки ВКУ<br>(рег.№1.4)<br>энергоблока № 2 Армянской АЭС | ОТЧ АТЭ.200.1399-2017 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

**Приложение Г Оборудование для выема и транспортировки ВКУ**  
**черт.8508.43.800 (рег.№1.4)**  
**Расчет на прочность АМЕ 1317.09.00.000 РР**  
**(отдельное приложение на 86 листах)**

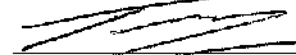
АО «АТОММАШЭКСПОРТ»

УТВЕРЖДАЮ

Зам. технического директора -

Главного конструктора

АО «Атоммашэкспорт»

 А.А. Топчиев

10.03

2017

Армянская АЭС

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЫЕМА И ТРАНСПОРТИРОВКИ ВКУ

Расчет на прочность

АМЕ 1317.09.00.000 РР

|               |                |                |               |                |
|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| Интв. № подл. | Подпись и дата | В зам. интв. № | Интв. № дубл. | Подпись и дата |
|               |                |                |               |                |

# СОДЕРЖАНИЕ

|     |                                         |    |
|-----|-----------------------------------------|----|
| 1   | Задача расчёта .....                    | 3  |
| 2   | Данные для расчёта .....                | 5  |
| 2.1 | Условные обозначения.....               | 5  |
| 2.2 | Рабочие и расчетные параметры .....     | 6  |
| 2.3 | Материалы и допускаемые напряжения..... | 10 |
| 3   | Расчет статической прочности .....      | 12 |
| 3.1 | Захват .....                            | 12 |
| 3.2 | Проушина 250 т. ....                    | 43 |
| 3.3 | Цилиндр защитный.....                   | 44 |
| 4   | Расчет циклической прочности.....       | 47 |
| 4.1 | Захват .....                            | 49 |
| 4.2 | Цилиндр защитный.....                   | 49 |
| 4.3 | Оценка остаточного ресурса.....         | 49 |
| 5   | Расчет на сейсмические воздействия..... | 51 |
| 5.1 | Захват .....                            | 51 |
| 5.2 | Проушина 250 т. ....                    | 73 |
| 5.3 | Цилиндр защитный.....                   | 74 |
| 6   | Заключение.....                         | 78 |
|     | Список сокращений .....                 | 79 |
|     | Список использованной литературы .....  | 80 |
|     | Приложение А Спектры ответа .....       | 81 |

|                                                                        |  |              |  |               |  |                |  |              |  |           |              |  |  |  |                        |      |        |
|------------------------------------------------------------------------|--|--------------|--|---------------|--|----------------|--|--------------|--|-----------|--------------|--|--|--|------------------------|------|--------|
| Подпись и дата                                                         |  | Инв. № дубл. |  | В зам. инв. № |  | Подпись и дата |  | Инв. № подл. |  | Разраб.   | Жолнин       |  |  |  | Лит.                   | Лист | Листов |
|                                                                        |  |              |  |               |  |                |  |              |  |           |              |  |  |  |                        |      |        |
|                                                                        |  |              |  |               |  |                |  |              |  | Пров.     | Шаповалов    |  |  |  |                        | 2    | 86     |
|                                                                        |  |              |  |               |  |                |  |              |  | Согласов. | Селюченко    |  |  |  | АО<br>“Атоммашэкспорт” |      |        |
|                                                                        |  |              |  |               |  |                |  |              |  | Н. Контр. | Суходольская |  |  |  |                        |      |        |
|                                                                        |  |              |  |               |  |                |  |              |  | Утв.      |              |  |  |  |                        |      |        |
| АМЕ 1317.09.00.000 РР                                                  |  |              |  |               |  |                |  |              |  |           |              |  |  |  |                        |      |        |
| ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЫЕМА И<br>ТРАНСПОРТИРОВКИ ВКУ<br>Расчет на прочность |  |              |  |               |  |                |  |              |  |           |              |  |  |  |                        |      |        |

|     |                                                  |    |
|-----|--------------------------------------------------|----|
| 5   | Расчет на осевые и скручивающие воздействия..... | 81 |
| 5.1 | Захват .....                                     | 51 |
| 5.2 | Проушина 250 т. ....                             | 73 |
| 5.3 | Цилиндр защитный.....                            | 74 |
| 6   | Заключение.....                                  | 78 |
|     | Список сокращений.....                           | 79 |
|     | Список использованной литературы .....           | 80 |
|     | Приложение А Спектры ответа.....                 | 81 |

## 1 Задача расчёта

Данный расчет выполнен в рамках работы по оценке технического состояния, обоснования остаточного ресурса оборудования для выема и транспортировки ВКУ Армянской АЭС (далее по тексту – «ОВ ВКУ»).

Проектный срок эксплуатации составил – 30 лет.

Классификационное обозначение по НП-001-97 – ЗН.

Оборудование относится к оборудованию I категории сейсмостойкости в соответствии с НП-031-01 /2/.

Элементы АС I категории сейсмостойкости должны /2/:

– сохранять способность выполнять функции, связанные с обеспечением безопасности АС, во время и после прохождения землетрясения интенсивностью до МРЗ включительно;

– сохранять работоспособность при землетрясении интенсивностью до ПЗ включительно и после его прохождения.

Настоящий расчет распространяется на следующее узлы, входящее в состав ОВ ВКУ:

– захват г.п. 71т (далее «захват»);

– цилиндр защитный (далее «цилиндр»).

Захват предназначен для извлечения и транспортировки ВКУ.

Цилиндр защитный предназначен для биологической защиты обслуживающего персонала.

Расчёты проводятся в соответствии с нормами /1/, /2/ и /9/ принятыми в атомной энергетике. В качестве основных характеристик материалов, используемых при определении значений допускаемых напряжений, приняты временное сопротивление и предел текучести. Допускаемые напряжения устанавливались с учетом коэффициентов запаса /1/ и /9/.

Принципиальная конструкция ОВ ВКУ показана на рисунке 1.1.

|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |      |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|--|--|--|------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |                       |  |  |  |      |
|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |      |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           | AME 1317.09.00.000 PP |  |  |  | Лист |
|               |                |               |               |                |                       |  |  |  | 3    |

|               |                |               |               |                |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |
|               |                |               |               |                |

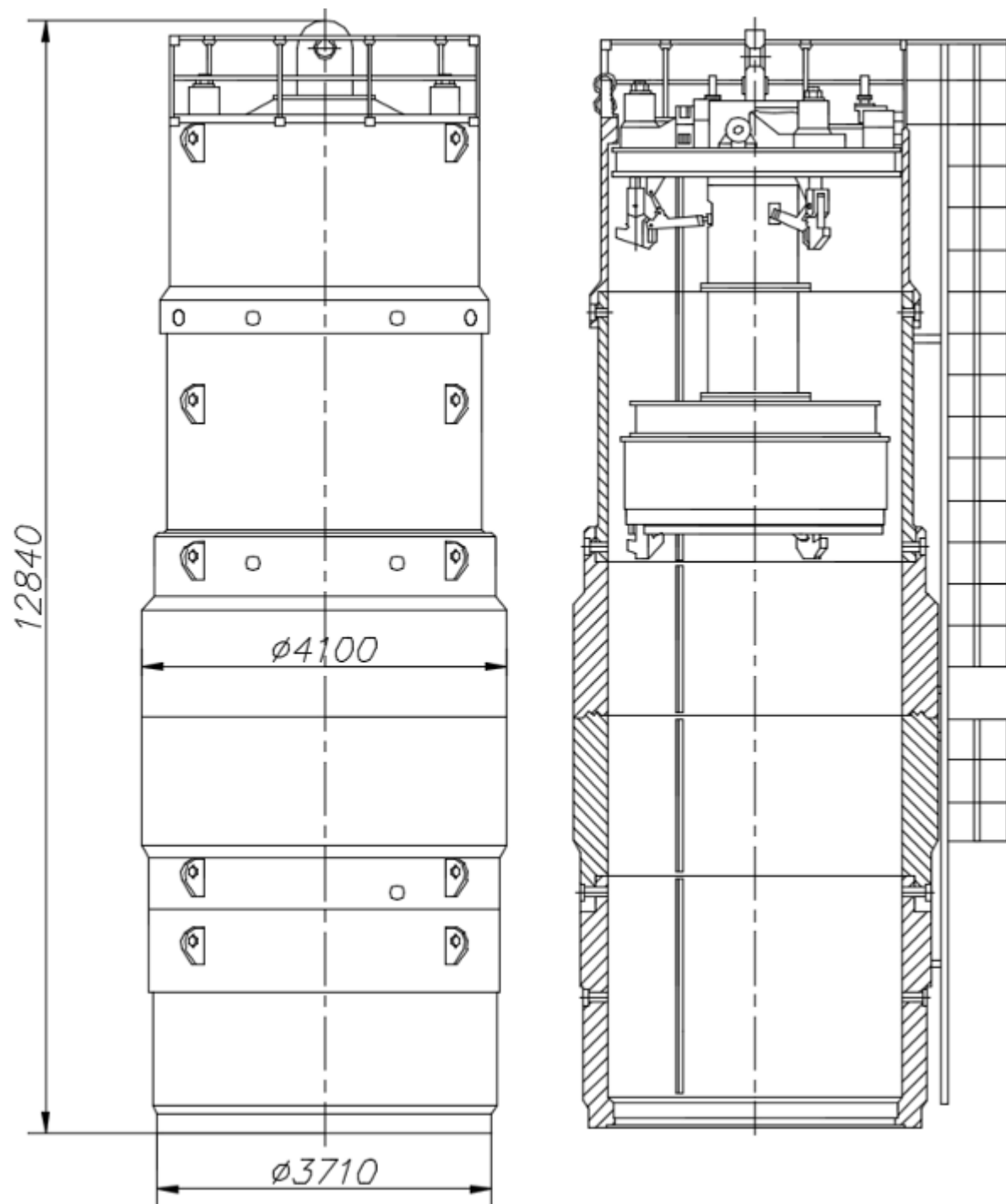


Рисунок 1.1

|      |      |          |       |      |
|------|------|----------|-------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|      |      |          |       |      |

AME 1317.09.00.000 PP

Лист

4

## 2 Данные для расчёта

## 2.1 Условные обозначения

В настоящем расчете приняты следующие условные обозначения:

|                                                                                                                                                             |                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Расчетная температура, °С                                                                                                                                   | $T$            |
| Минимальное значение временного сопротивления при расчетной температуре, МПа                                                                                | $R_m^T$        |
| Минимальное значение предела текучести при расчетной температуре, МПа                                                                                       | $R_{p0,2}^T$   |
| Коэффициент запаса прочности по временному сопротивлению                                                                                                    | $n_m$          |
| Коэффициент запаса прочности по пределу текучести                                                                                                           | $n_{0,2}$      |
| Допускаемое напряжение при расчетной температуре, МПа                                                                                                       | $[\sigma]^T$   |
| Группа приведённых напряжений, определяемая по составляющим общих мембранных напряжений, МПа                                                                | $(\sigma)_1$   |
| Группа приведённых напряжений, определяемая по суммам общих или местных мембранных и общих изгибных напряжений, МПа                                         | $(\sigma)_2$   |
| Группа приведённых напряжений от механических нагрузок и сейсмических воздействий, определяемая по составляющим общих мембранных напряжений, МПа            | $(\sigma_s)_1$ |
| Группа приведённых напряжений от механических нагрузок и сейсмических воздействий, определяемая по составляющим мембранных и общих изгибных напряжений, МПа | $(\sigma_s)_2$ |

| Инв. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата |
|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
|              |                |               |              |                |

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |       |      | AME 1317.09.00.000 PP | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                       | 5    |

## 2.2 Рабочие и расчетные параметры

Расчетные условия, принятые в настоящем расчете согласно /6/ приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

| Наименование параметра                                                                  | Величина параметра |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Расчетная температура, °С                                                               | 20                 |
| Масса цилиндра защитного при работе с корзиной выемной и блоком защитных труб (БЗТ), кг | 176200             |
| Масса цилиндра защитного при работе с шахтой с днищем, кг                               | 157700             |
| Грузоподъемность проушины, кгс                                                          | 250000             |
| Грузоподъемность каждого крюка, кгс                                                     | 24000              |
| Грузоподъемность верхних крюков и нижних крюков, кгс                                    | 71000              |
| Усилие на каждый крюк при подрыве, кгс                                                  | 50000              |
| Проектный срок службы, лет                                                              | 30                 |
| Коэффициент перегрузки от вилки 250т крана на захват при НЭ+ПЗ /4/, $k_{ПЗ}$            | 1,4                |
| Коэффициент перегрузки от вилки крана 250т на захват при НЭ+МРЗ /4/, $k_{МРЗ}$          | 1,8                |

ОВ ВКУ относится к оборудованию I категории сейсмостойкости. Поэтому ОВ ВКУ при поверочном расчете рассматривался на действие нагрузок максимального расчетного землетрясения и проектного землетрясения в сочетании с нагрузками, возникающими при нормальной эксплуатации /1/, /2/ и /9/.

|               |                |               |               |                |                       |      |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|------|
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           | AME 1317.09.00.000 PP | Лист |
|               |                |               |               |                |                       | 6    |
|               |                |               |               |                |                       |      |
|               |                |               |               |                |                       |      |
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |                       |      |

|              |                |               |              |                |
|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата |
|              |                |               |              |                |

- В качестве расчетных спектров принимаются спектры ответа для отметки +10,5 м, как максимальные.

Коэффициент пересчета от МРЗ к ПЗ– 0,5.

Для каждой отметки в качестве расчетных приняты огибающие приведенные в Приложении А спектры ответа. Построение расчетных огибающих спектров проводилось для каждого из направлений.

$$\max\left(\frac{1,8[\sigma]}{1,6[\sigma]}; \frac{1,4[\sigma]}{1,2[\sigma]}\right) = 1,17 < \frac{k_{\text{MP3}}}{k_{\text{ПЗ}}} = \frac{1,8}{1,4} = 1,28.$$

а) Расчетные сочетания нагрузок для элементов захвата (кроме проушины)

- ОВ ВКУ расположено на вилке крана 250т, транспортировка ВКУ осуществляется верхними крюками.

2) HЭ2

ОВ ВКУ расположено на вилке крана 250т, транспортировка ВКУ осуществляется нижними крюками.

Нагрузки: собственный вес захвата, максимальный собственный вес цилиндра защитного, вес равный грузоподъемности нижних крюков, коэффициент перегрузки от крюка крана 1,25.

### 3) НЭЗ

ОВ ВКУ с шахтой с днищем распложено в гнезде для цилиндра защитного.

Нагрузки: собственный вес захвата, максимальный собственный вес цилиндра защитного, вес равный грузоподъемности верхних крюков.

### 4) НЭ4

ОВ ВКУ распложено на корпусе реактора, подрыв ВКУ верхними крюками.

Нагрузки: собственный вес захвата, усилие при подрыве верхними крюками.

### 5) НЭ5

ОВ ВКУ распложено на корпусе реактора, подрыв ВКУ нижними крюками.

Нагрузки: собственный вес захвата, усилие при подрыве нижними крюками.

### 6) НЭ1 + МРЗ

Нагрузки: собственный вес захвата, максимальный собственный вес цилиндра защитного, вес равный грузоподъемности нижних крюков, коэффициент перегрузки от крюка крана при НЭ+МРЗ  $k_{\text{МРЗ}}$ .

### 7) НЭ2 + МРЗ

Нагрузки: собственный вес захвата, максимальный вес цилиндра защитного, вес равный грузоподъемности верхних крюков, коэффициент перегрузки от крюка крана при НЭ+МРЗ  $k_{\text{МРЗ}}$ .

### 8) НЭЗ + МРЗ

Нагрузки: собственный вес захвата, максимальный собственный вес цилиндра защитного, вес равный грузоподъемности верхних крюков плюс сейсмические нагрузки, определенные по расчетным спектрам ответа для МРЗ для отметки +10,5м.

Режим хранения ОВ ВКУ в гнезде для цилиндра не рассматривается, так как нагрузки при НЭЗ значительно выше. Прочность при хранении обеспечивается при условии выполнения условий прочности при НЭЗ.

### б) Расчетные сочетания для проушины захвата

#### 1) НЭ

ОВ ВКУ распложено на вилке крана 250т.

Нагрузки: вес равный грузоподъемности проушины, коэффициент перегрузки от крюка крана 1,25.

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | AME 1317.09.00.000 PP | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 8    |
|      |      |          |       |      |                       |      |
|      |      |          |       |      |                       |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                       |      |

|              |                |               |              |                |
|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата |
|              |                |               |              |                |

| Инв. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата |
|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
|              |                |               |              |                |

Номинальные допускаемые напряжения определены согласно /1/ и /9/ по формуле

$$[\sigma] = \min \left\{ \frac{\mathbf{R}_{\text{P0},2}^{\text{T}}}{\mathbf{n}_{0,2}}; \frac{\mathbf{R}_{\text{m}}^{\text{T}}}{\mathbf{n}_{\text{m}}} \right\},$$

$n_{0,2} = 1,5$  – коэффициент запаса прочности по пределу текучести.

в Мегапаскалях

| Материал                    | $R_m^T$ | $R_{p0,2}^T$ | $[\sigma]^T$   |
|-----------------------------|---------|--------------|----------------|
| Сталь 20                    | 355     | 175          | 116,7          |
| Ст3сп (лист, труба, прокат) | 373     | 206          | 143,46         |
| Сталь М16С ГОСТ 6713-53     | 372     | 225          | 143,1          |
| Сталь 45                    | 598     | 343          | 228,6          |
|                             |         |              | $[\sigma]_w^T$ |
| Класс прочности 5.6         | 500     | 300          | 150            |

Таблица 2.3

в Мегапаскалях

| Марка материала                             | Марка материала<br>свариваемых элементов | $R_m$ | $R_{p0,2}$ |
|---------------------------------------------|------------------------------------------|-------|------------|
| Электрод Э 50 А<br>ГОСТ 9467-60             | Сталь М16С<br>Сталь 20<br>Ст3сп          | 431   | 255        |
| Сварочная проволока СВ-10Г2<br>ГОСТ 2246-70 | Сталь 20                                 | 372   | 216        |

Минимальные механические свойства материалов сварных соединений при расчётной температуре выше соответствующих минимальных свойств свариваемых материалов, поэтому при оценке прочности в зоне сварных соединений в запас прочности используются свойства основного материала.

Допускаемые напряжения для расчётных групп категорий напряжений в соответствии с /9/ приводятся в таблицах 2.4-2.5. В таблицах 2.4-2.5 значение коэффициента формы k принимается равным 1,5 для пластин и 1,3 для компонентов прочей геометрической формы.

Таблица 2.4

| Тип конструкции      | Расчетный режим НЭ<br>Расчётные группы напряжений |                |                 |                 |                  |                   |
|----------------------|---------------------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|
|                      | $(\sigma)_1$                                      | $(\sigma)_2$   | $(\sigma)_{3w}$ | $(\sigma)_{4w}$ | $\sigma_{см}$    | $(\tau)$          |
| Элементы конструкции | $[\sigma]^T$                                      | $k [\sigma]^T$ | -               | -               | $1,5 R_{p0,2}^T$ | $0,5[\sigma]$     |
| Крепёж               | $[\sigma]_w$                                      | -              | $1,3[\sigma]_w$ | $1,7[\sigma]_w$ | -                | $0,25 R_{p0,2}^T$ |

Таблица 2.5

| Тип конструкции      | Расчетный режим НЭ + МРЗ<br>Расчётные группы напряжений |                    |                   |                   |               |                 |
|----------------------|---------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|---------------|-----------------|
|                      | $(\sigma)_{s1}$                                         | $(\sigma)_{s2}$    | $(\sigma_s)_{3w}$ | $(\sigma_s)_{4w}$ | $\sigma_{см}$ | $(\tau)_s$      |
| Элементы конструкции | $1,4[\sigma]^T$                                         | $1,4 k [\sigma]^T$ | -                 | -                 | $2,7[\sigma]$ | $0,7[\sigma]$   |
| Крепёж               | $1,4[\sigma]_w$                                         | -                  | -                 | $2,2 [\sigma]_w$  | -             | $0,7[\sigma]_w$ |

Инов. № подл.

Подпись и дата

В зам. инв. №

Инов. № дубл.

Подпись и дата

### 3 Расчет статической прочности

#### 3.1 Захват

##### 3.1.1 Постановка задачи и описание расчетной модели

Расчёт прочности захвата проводится по программе конечно элементного анализа ANSYS /5/. Для определения напряженно-деформированного состояния конструкции захвата при воздействии нагрузок рассматриваемых расчётных режимов используются две полномасштабные трёхмерные конечно-элементные модели, указанные на рисунках 3.1.1 -3.1.3.

Модель 1 – Модель захвата для расчетных случаев НЭ1, НЭ2, НЭ4, НЭ5.

Модель 2 – Модель захвата совместно с цилиндром для расчетного случая НЭ3.

Проушина 250т и цилиндр защитный рассматриваются в п. 3.2 и 3.3 соответственно.

Выбор и оптимизация параметров конечно-элементной модели, в том числе достаточности густоты конечно-элементной сетки выполнялся по результатам предварительных расчётов. Сетка набрасывалась автоматически, и затем определялись оптимальные размеры сетки путём кратного увеличения количества конечных элементов. Конечным вариантом разбиения была выбрана модель, увеличение числа элементов которой дало изменение вычислений не более 3%.

Размеры, геометрические характеристики и масса элементов в моделях 1 и 2 соответствуют комплекту КД /3/.

|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |      |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|--|--|--|------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |                       |  |  |  |      |
|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |      |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           |                       |  |  |  | Лист |
|               |                |               |               |                | AME 1317.09.00.000 PP |  |  |  | 12   |

|               |                |               |               |                |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |
|               |                |               |               |                |

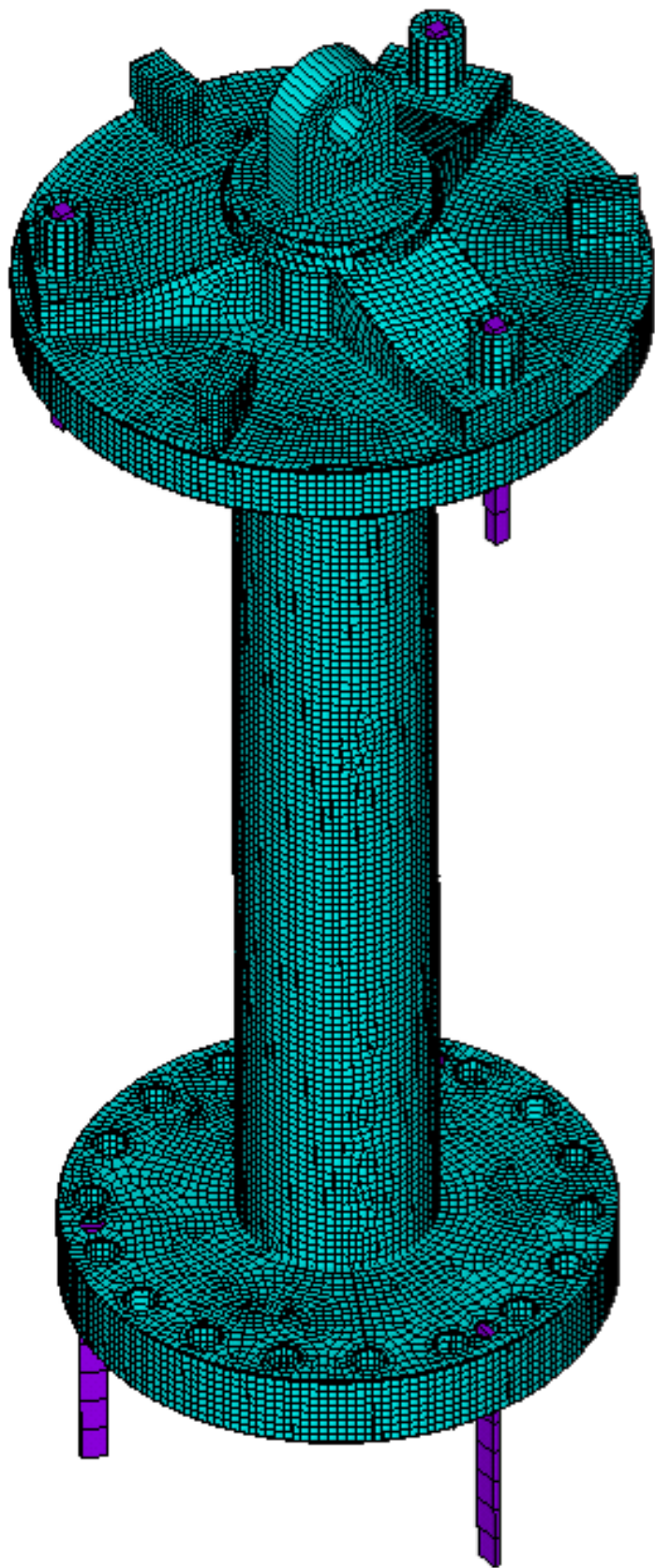


Рисунок 3.1.1 – Модель 1

|      |      |          |       |      |
|------|------|----------|-------|------|
|      |      |          |       |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

AME 1317.09.00.000 PP

|               |                |               |               |                |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |
|               |                |               |               |                |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           |

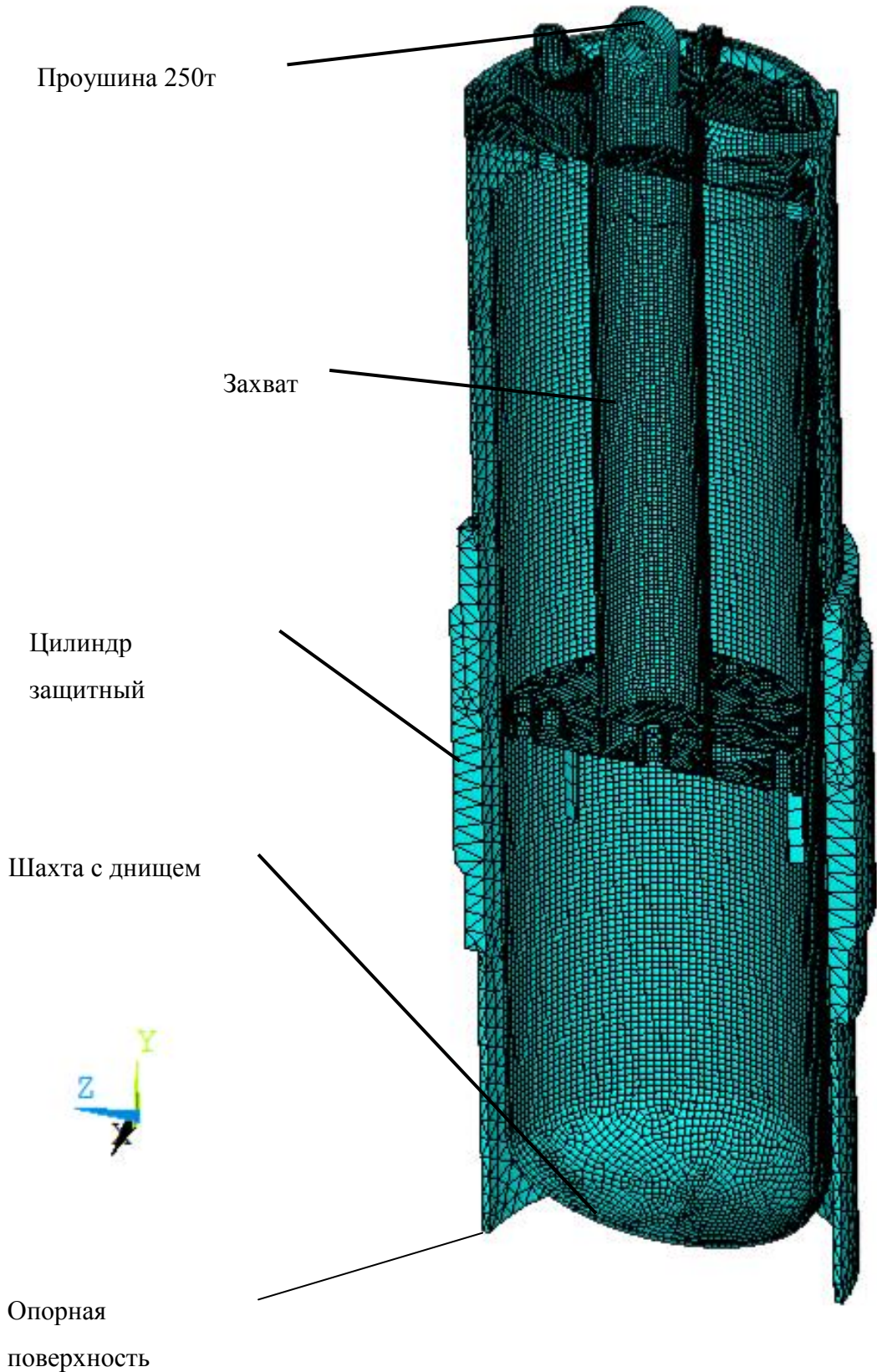


Рисунок 3.1.2 – Модель 2

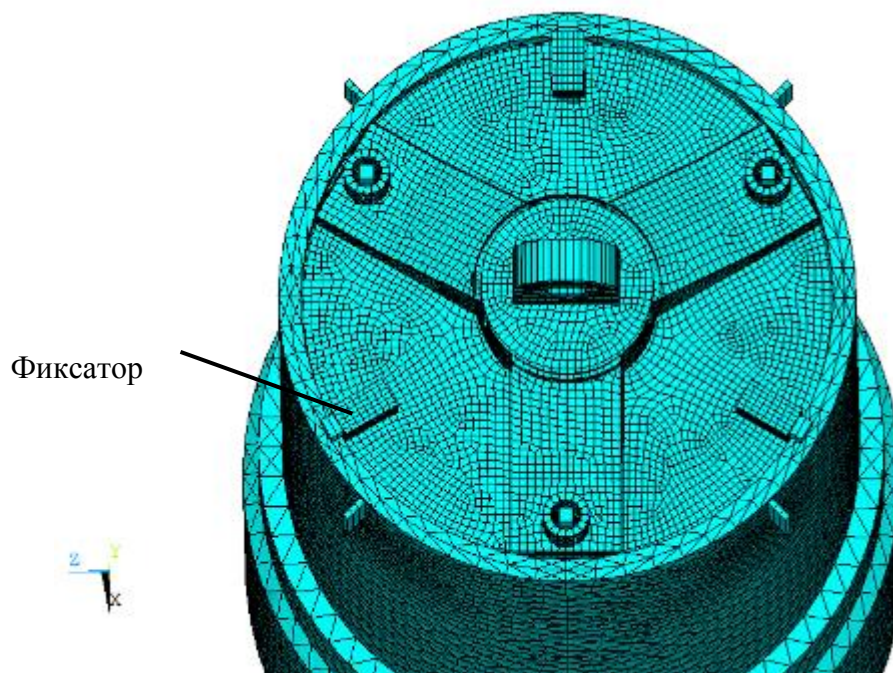


Рисунок 3.1.3 – Модель 2. Фрагмент

При создании модели использовались следующие элементы:

1) силовые тяги, кронштейны фиксатора описаны балочным элементом BEAM 44. Элемент BEAM44 представляет собой трёхмерный упругий, балочный, элемент, работающий на растяжение, сдвиг, кручение и изгиб. Элемент имеет шесть степеней свободы в каждом узле (рисунок 3.1.4). Допускает смещение узлов относительно оси балки;

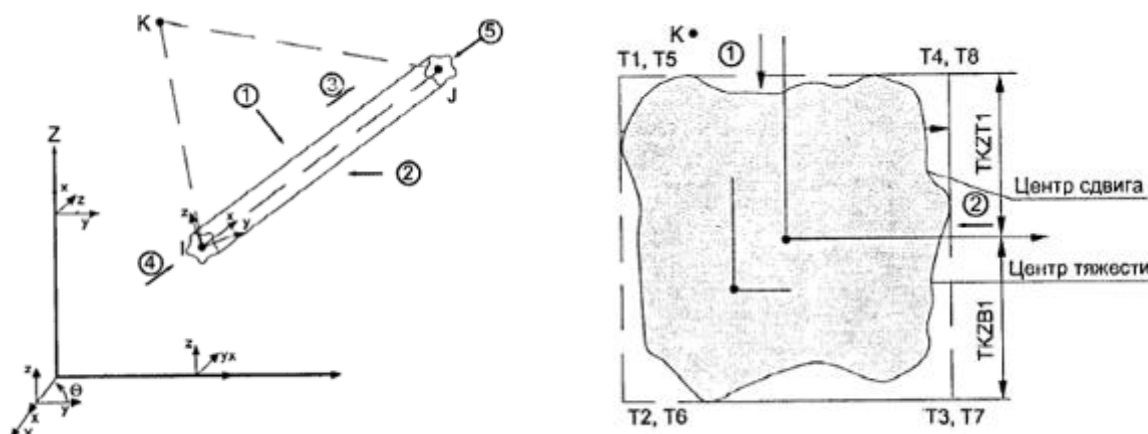
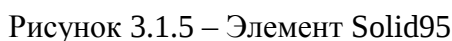


Рисунок 3.1.4 – Элемент BEAM44

2) цилиндр защитный и корпус фиксаторов описаны элементом Solid95;

Элемент Solid95 представляет собой двадцатиузловой объемный элемент. Элемент имеет три степени свободы в каждом узле: перемещение по осям X, Y, Z. (рисунок 3.1.5);

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|



Геометрические характеристики балок: площадь  $A$  и моменты инерции сечений  $J_z$  и  $J_y$ , а также сосредоточенные массы описываются в ANSYS при помощи REAL CONSTANT (RC).

Определение геометрических характеристик сечений проводилось по [10].

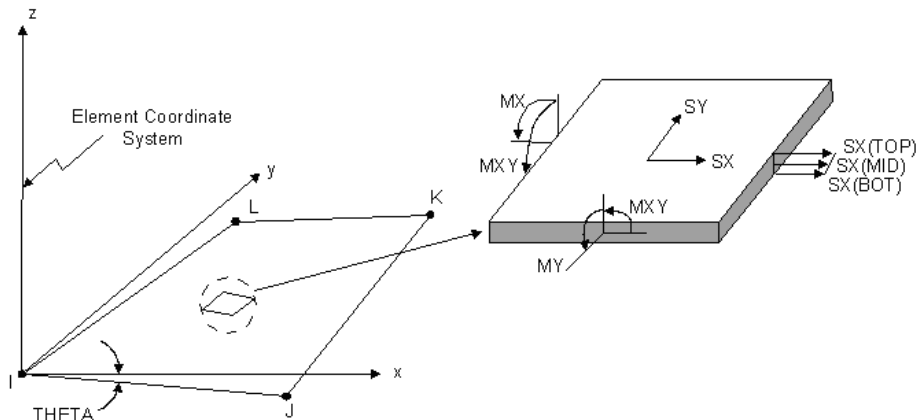


Рисунок 3.1.6 – Элемент SHELL 63

Масса металлоконструкции задана распределенной и описана приведенной плотностью металла.

Характеристики материалов представлены в таблице 3.1.1.

Рисунок 3.1.6 – Элемент SHELL 63

Масса металлоконструкции задана распределенной и описана приведенной плотностью металла.

Характеристики материалов представлены в таблице 3.1.1.

AME 1317.09.00.000 PP

Лист

16

Таблица 3.1.1

| Наименование металлоконструкции | Номер материала | Приведенная плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> | Модуль упругости $E$ , Н/м <sup>2</sup> | Коэффициент Пуассона $\nu$ |
|---------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------|
| Захват                          | МАТ1            | 10773                                            | $2 \cdot 10^{11}$                       | 0,3                        |
| Цилиндр защитный (для модели 2) | МАТ2            | 9019                                             | $2 \cdot 10^{11}$                       | 0,3                        |

Граничные условия для модели 1:

- запрещение перемещений в вертикальном направлении (ось  $Y$ ) в месте расположения проушины 250т.

Граничные условия для модели 2:

– запрещение перемещений по осям  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  по опорной поверхности цилиндра защитного.

Нагрузки в соответствии с п.п. 2.2.

### 3.1.2 Оценка по первой и второй группам категорий напряжений

Оценка напряженного состояния по первой и второй группам категорий напряжений, проводится в соответствии с /1/.

При оценке по первой группе категорий напряжений  $(\sigma)_1$  рассматриваются общие мембранные напряжения.

При оценке по второй группе категорий напряжений  $(\sigma)_2$  рассматриваются приведённые напряжения, определяемые по суммам составляющих общих или местных мембранных и общих изгибных напряжений.

|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |  |      |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|--|--|--|--|------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |                       |  |  |  |  |      |
|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |  |      |
|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |  |      |
|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |  |      |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           | AME 1317.09.00.000 PP |  |  |  |  | Лист |
|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |  | 17   |

Определение напряжений по первой и второй группам категорий напряжений:

– приведённые напряжения  $\sigma_{\text{пр}}$  для наружных и внутренних поверхностей рассчитываются по формуле, согласно /1/

$$\sigma_{\text{пр}} = \sigma_1 - \sigma_3;$$

– определение напряжений первой группы категорий напряжений проводилось по формуле (в запас расчета)

$$(\sigma)_1 = \frac{\sigma_{\text{пр}}^{\text{HAP}} + \sigma_{\text{пр}}^{\text{BH}}}{2};$$

– определение второй группы категорий напряжений проводилось по формуле

$$(\sigma)_2 = \max\{\sigma_{\text{пр}}^{\text{HAP}}; \sigma_{\text{пр}}^{\text{BH}}\};$$

где  $\sigma_{\text{пр}}^{\text{HAP}}$  – приведенные напряжения на наружной поверхности;

$\sigma_{\text{пр}}^{\text{BH}}$  – приведенные напряжения на внутренней поверхности;

$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$  – главные напряжения /1/.

Эпюра распределения приведённых напряжений, возникающих в захвате при НЭ1, показана на рисунке 3.1.7 (в Паскалях).

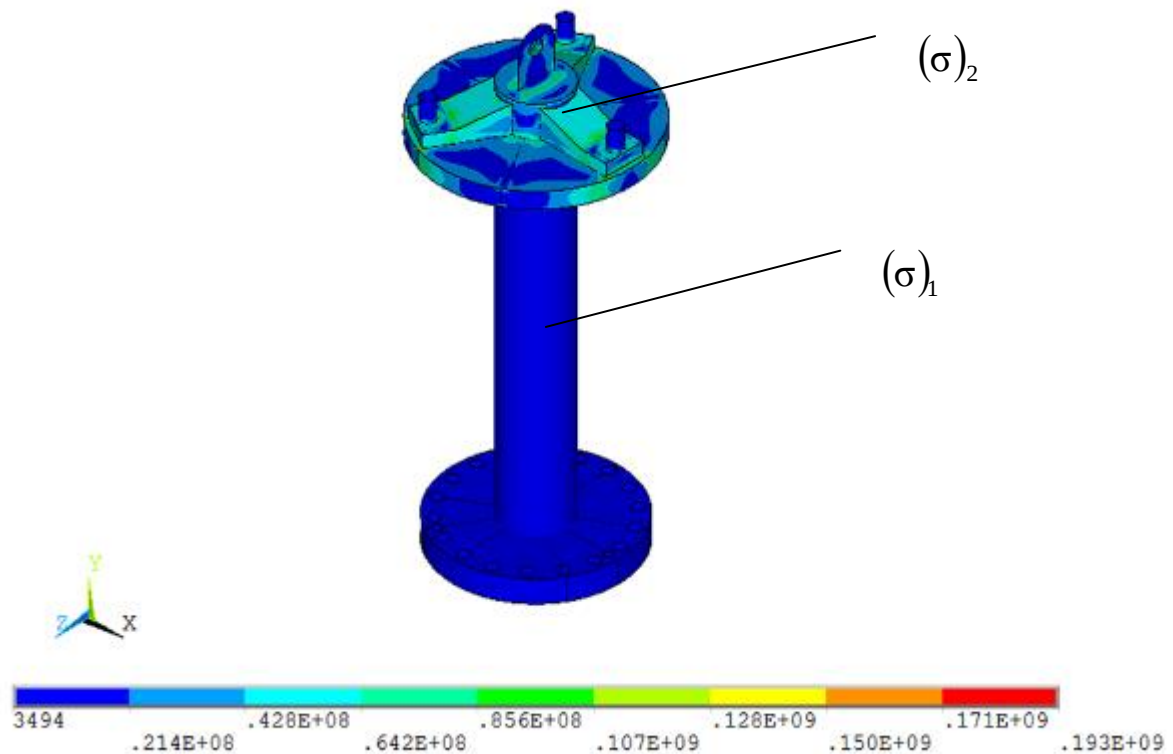


Рисунок 3.1.7

Эпюра распределения приведённых напряжений, возникающих в захвате при НЭ1, показана на рисунке 3.1.8 (в Паскалях).

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | AME 1317.09.00.000 PP | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 18   |

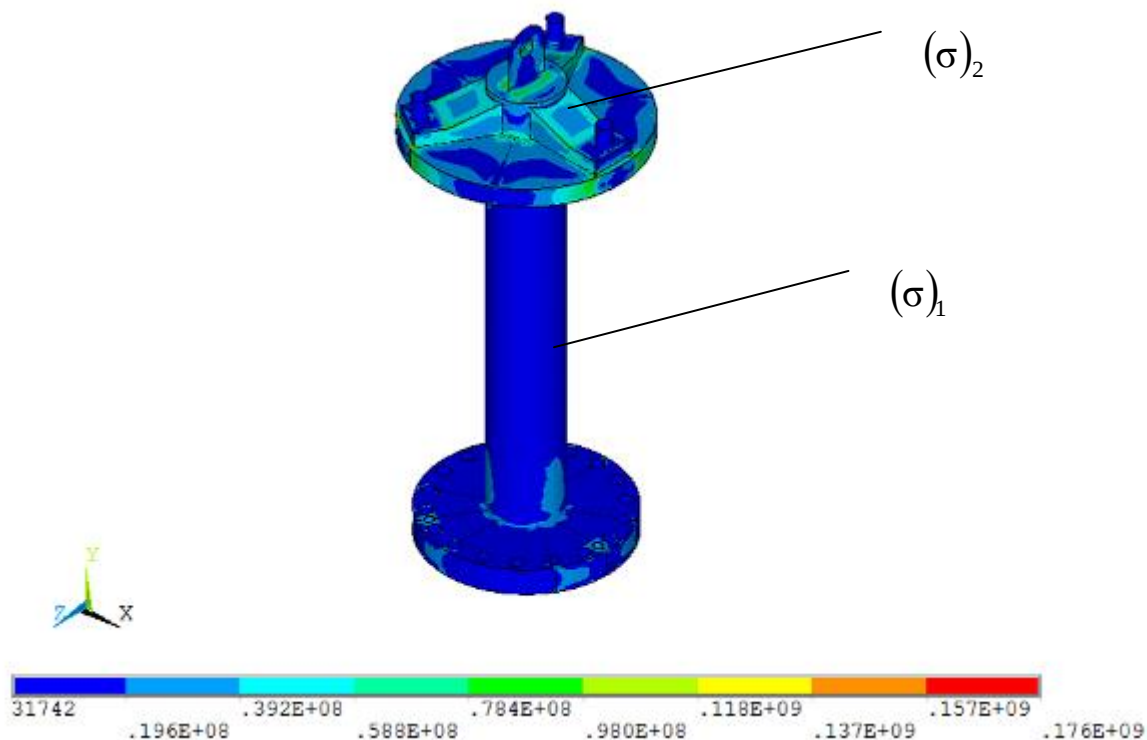


Рисунок 3.1.8

Эпюра распределения приведённых напряжений, возникающих в захвате при НЭЗ, показана на рисунке 3.1.9 (в Паскалях).

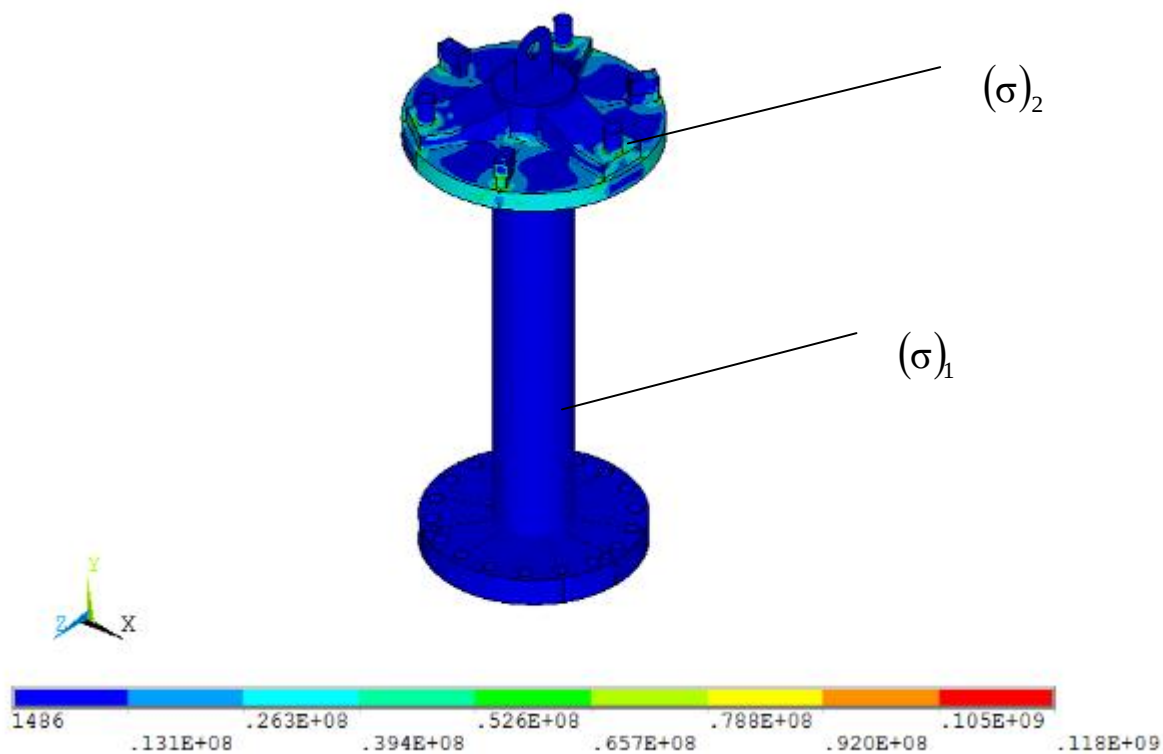


Рисунок 3.1.9

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | AME 1317.09.00.000 PP | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 19   |
|      |      |          |       |      |                       |      |

|      |      |          |       |      |                |              |               |                |
|------|------|----------|-------|------|----------------|--------------|---------------|----------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Подпись и дата | Инв. № дубл. | В зам. инв. № | Подпись и дата |
|      |      |          |       |      |                |              |               |                |

Рисунок 3.1.9

Эпюра распределения приведённых напряжений, возникающих в захвате при НЭ4, показана на рисунке 3.1.10 (в Паскалях).

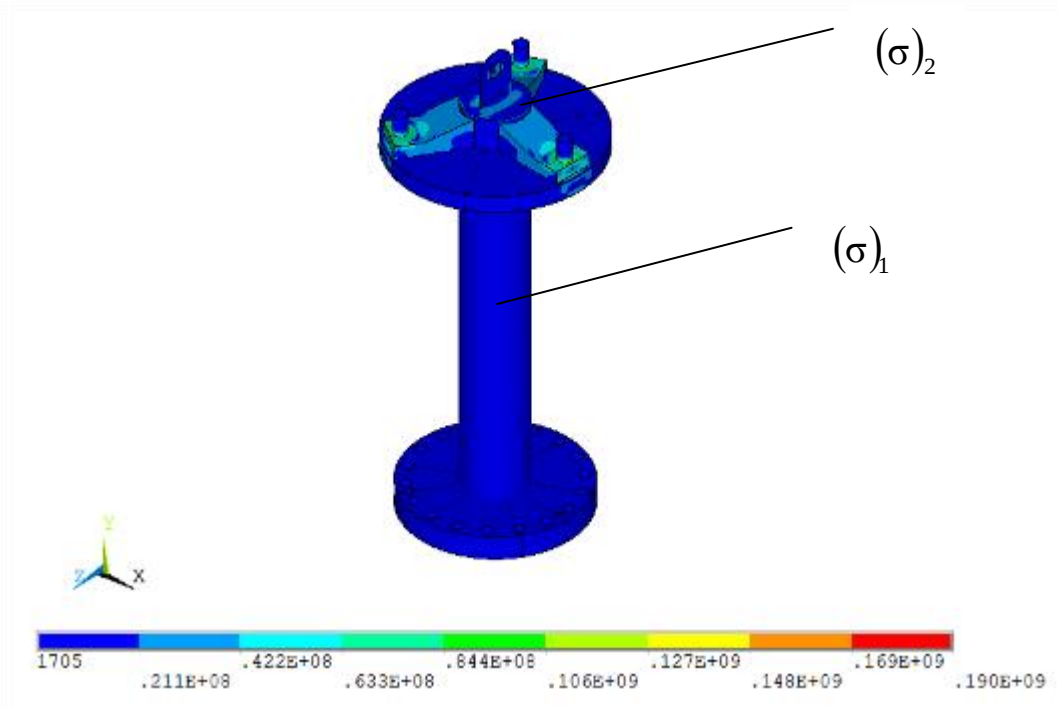


Рисунок 3.1.10

Эпюра распределения приведённых напряжений, возникающих в захвате при НЭ5, показана на рисунке 3.1.11 (в Паскалях).

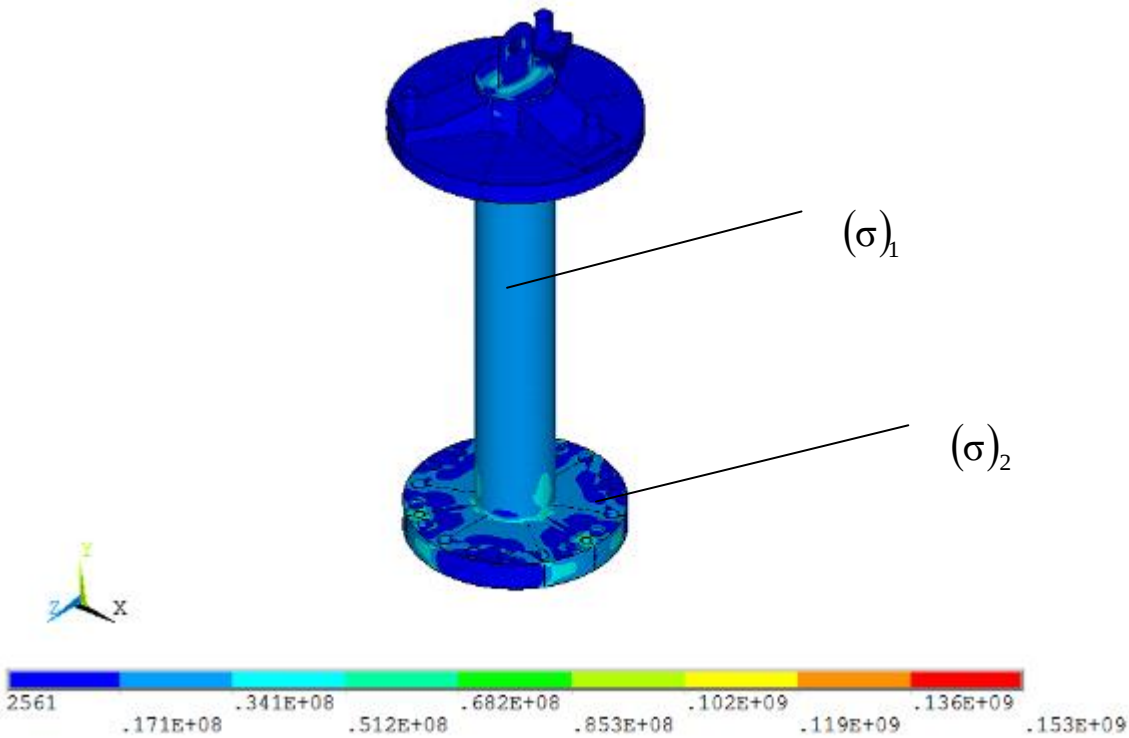


Рисунок 3.1.11

|                       |                |  |  |  |  |               |                |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------|----------------|--|--|--|--|---------------|----------------|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Инов. № подл.         | Подпись и дата |  |  |  |  | Инов. № дубл. | Подпись и дата |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                       |                |  |  |  |  |               |                |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                       |                |  |  |  |  |               |                |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                       |                |  |  |  |  |               |                |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Изм.                  | Лист           |  |  |  |  | № докум.      | Подп.          |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                       |                |  |  |  |  |               |                |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                       |                |  |  |  |  |               |                |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                       |                |  |  |  |  |               |                |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| AME 1317.09.00.000 PP |                |  |  |  |  |               |                |  |  | Лист |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                       |                |  |  |  |  |               |                |  |  | 20   |  |  |  |  |  |  |  |  |

|               |      |      |          |       |      |
|---------------|------|------|----------|-------|------|
| Инов. № подл. | Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |
|               |      |      |          |       |      |

|              |                |               |              |                |                                                                                                                                                          |     |        |      |       |
|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------|------|-------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата | НЭ2                                                                                                                                                      | 2,5 | 146,46 | 39   | 190,4 |
|              |                |               |              |                | НЭ3                                                                                                                                                      | 2,5 | 146,46 | 39   | 190,4 |
|              |                |               |              |                | НЭ4                                                                                                                                                      | 2,5 | 146,46 | 34,6 | 190,4 |
|              |                |               |              |                | НЭ5                                                                                                                                                      | 30  | 146,46 | 84,5 | 190,4 |
|              |                |               |              |                | <p>Условия прочности выполнены в соответствии /1/ и /9/.</p> <p>Крепление фиксатора к захвату и опорные кронштейны фиксатора рассмотрены в п. 3.1.6.</p> |     |        |      |       |
| Изм.         | Лист           | № докум.      | Подп.        | Дата           | AME 1317.09.00.000 PP                                                                                                                                    |     |        |      | Лист  |
|              |                |               |              |                |                                                                                                                                                          |     |        |      | 21    |

3.1.3 Верхний захватный механизм

Расчет проводится для наиболее нагруженных элементов механизма. Эскиз приведен на рисунке 3.1.12.

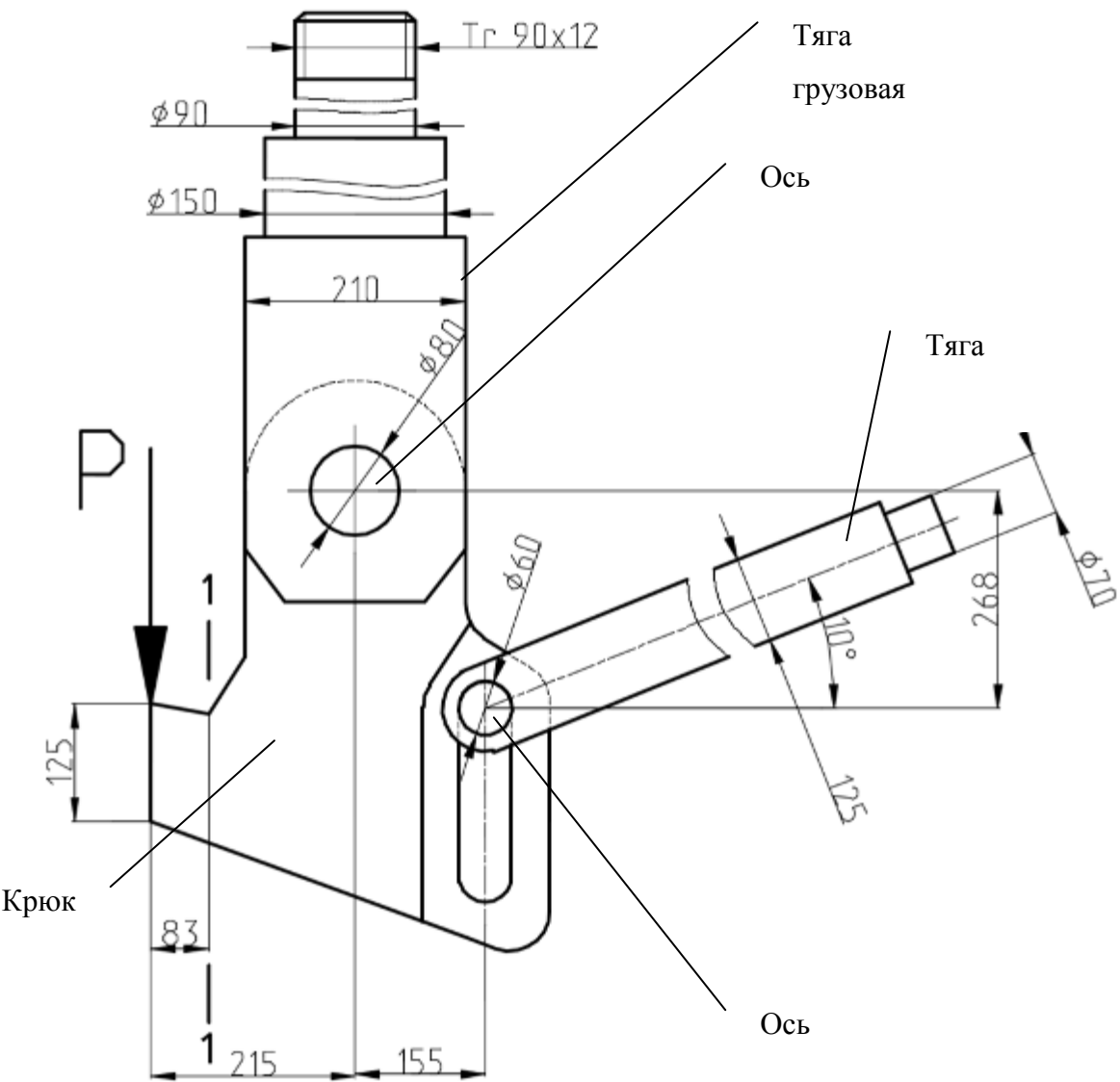


Рисунок 3.1.12

|               |                |               |               |                |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |
|               |                |               |               |                |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           |

### 3.1.3.1 Крюк

Крюк изготовлен из листовой стали СтЗсп. Механические свойства приведены в таблице 2.3.1.

#### 3.1.3.1.1 Сечение 1-1

Напряжения среза

$$\tau = \frac{F}{A} = 39,2 \text{ МПа};$$

где  $F = 490500 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на один крюк при подрыве;

$A = h \cdot b = 12500 \text{ мм}^2$  – площадь поперечного сечения;

$h = 125 \text{ мм}$  – высота сечения;

$b = 100 \text{ мм}$  – ширина сечения.

Условие прочности

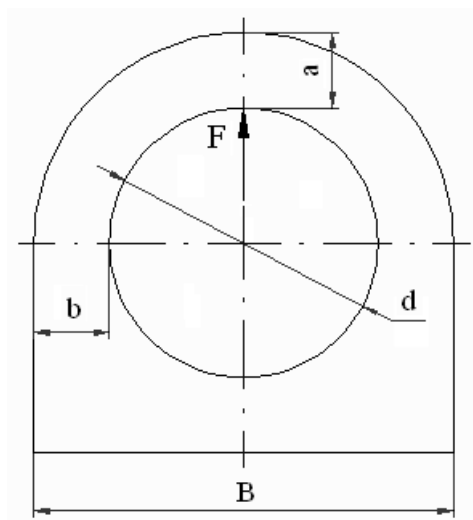
$$\tau < 0,5 \cdot [\sigma] = 71,7 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 143,46 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения материала (таблица 2.2).

Условие прочности выполнены /1/.

#### 3.1.3.1.2 Проушина крюка

Расчётный эскиз проушины, согласно /7/, показан на рисунке 3.1.13.



$F$  – расчётная нагрузка на втулку.

Рисунок 3.1.13

|               |                |  |  |  |               |              |                |  |  |
|---------------|----------------|--|--|--|---------------|--------------|----------------|--|--|
| Инов. № подл. | Подпись и дата |  |  |  | В зам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата |  |  |
|               |                |  |  |  |               |              |                |  |  |
| Инов. № подл. | Подпись и дата |  |  |  | В зам. инв. № | Инв. № дубл. |                |  |  |
|               |                |  |  |  |               |              |                |  |  |
|               |                |  |  |  |               |              |                |  |  |

Условие прочности выполнены /1/.

3.1.3.1.2 Проушина крюка

Расчётный эскиз проушины, согласно /7/, показан на рисунке 3.1.13.

The diagram shows a cross-section of a hook shackle. It consists of an outer semi-circular arc and an inner circular hole. The outer arc has a radius 'a' from its center to the top. The inner hole has a diameter 'd'. The distance from the vertical centerline to the left edge of the hole is 'b'. The total width of the shackle at the base is 'B'. An upward-pointing arrow labeled 'F' indicates the calculated load on the shackle pin.

$F$  – расчётная нагрузка на втулку.

Рисунок 3.1.13

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |       |      | AME 1317.09.00.000 PP | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 23   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                       |      |

## Напряжения смятия

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{F}{d \cdot t \cdot K_c} = 78,6 \text{ МПа};$$

где  $F = \sqrt{F_{\Gamma}^2 + F_B^2} = 628584 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на проушину крюка при подрыве;

$$F_{\Gamma} = \frac{F_B \cdot 215}{268} = 393100 \text{ Н} – \text{максимальная горизонтальная нагрузка на проушину}$$

крюка при подрыве;

$F_B = 490500 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на проушину крюка при подрыве;

$t = 100 \text{ мм}$  – толщина проушины;

$d = 80 \text{ мм}$  – диаметр оси;

$K_c = 1$  – коэффициент допускаемых контактных напряжений смятия /7/.

## Напряжения разрыва поперечного сечения

$$(\sigma)_{\text{ср}} = \frac{F}{2 \cdot b \cdot t \cdot K_{\sigma v}} = 66 \text{ МПа};$$

где  $b = 65 \text{ мм}$  – ширина перемычки;

$$K_{\sigma v} = 0,48 + 0,45 \cdot \frac{a}{b} - 0,075 \cdot \frac{B}{d} = 0,73 – \text{коэффициент /7/};$$

$a = 65 \text{ мм}$  – высота перемычки;

$B = 210 \text{ мм}$  – ширина проушины.

## Напряжения среза перемычки

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot (a + 0,2 \cdot d) \cdot t \cdot K_{\tau}} = 43,1 \text{ МПа};$$

где  $K_{\tau} = 0,9$  – коэффициент снижения прочности /7/.

## Напряжения разрыва перемычки

$$(\sigma)_p = \frac{F}{2 \cdot a \cdot t \cdot K_{\sigma H}} = 56,9 \text{ МПа};$$

где  $K_{\sigma H} = 1,15 - 0,3 \cdot \frac{a}{b} = 0,85$  – коэффициент снижения прочности /7/.

|                       |                |               |               |                |
|-----------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Инов. № подл.         | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |
|                       |                |               |               |                |
| Изм.                  | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           |
| AME 1317.09.00.000 PP |                |               |               | Лист           |
|                       |                |               |               | 24             |

Условия прочности для проушины крюка выполняются согласно /1/:

$$\sigma_{sm} < [\sigma] = 143,46 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{cp} < [\sigma] = 143,46 \text{ МПа};$$

$$\tau < 0,5 \cdot [\sigma] = 71,7 \text{ МПа};$$

$$\sigma_p < [\sigma] = 143,46 \text{ МПа},$$

где  $[\sigma] = 143,46 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения, таблица 2.2.

### 3.1.3.2 Ось Ø80 мм

Ось изготовлена из стали 45, с механическими свойствами, приведенными в таблице 2.2.

Напряжения среза

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot S} = 62,6 \text{ МПа};$$

где  $F = \sqrt{F_T^2 + F_B^2} = 628584 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на ось при подрыве;

$$F_T = \frac{F_B \cdot 215}{268} = 393100 \text{ Н} – \text{максимальная вертикальная нагрузка на ось при подрыве};$$

$$F_B = 490500 \text{ Н} – \text{максимальная вертикальная нагрузка на ось при подрыве};$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 5024 \text{ мм}^2 – \text{расчётная площадь поперечного сечения оси};$$

$$d = 80 \text{ мм} – \text{диаметр оси}.$$

Условие прочности

$$\tau < 0,5 \cdot [\sigma] = 128,3 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 228,6 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения материала оси (смотри таблицу 2.2).

Условие прочности согласно /1/ выполнено.

### 3.1.3.3 Ось Ø60 мм

Ось изготовлена из стали 45, с механическими свойствами, приведенными в таблице 2.2.

Напряжения среза

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot S} = 70,7 \text{ МПа};$$

|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |    |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|--|--|--|----|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |                       |  |  |  |    |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           | AME 1317.09.00.000 PP |  |  |  |    |
|               |                |               |               |                | Лист                  |  |  |  | 25 |

где  $F = \frac{F_B \cdot 215}{268 \cdot \cos(10^\circ)} = 399568 \text{ Н}$  – нагрузка на ось;

$F_B = 490500 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на один крюк при подрыве;

$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2826 \text{ мм}^2$  – расчётная площадь поперечного сечения оси;

$d = 60 \text{ мм}$  – диаметр оси.

Условие прочности

$$\tau < 0,5 \cdot [\sigma] = 128,3 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 228,6 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения материала оси (смотри таблицу 2.2).

Условие прочности согласно /1/ выполнено.

### 3.1.3.4 Тяга

Тяга изготовлена из стали Ст3сп. Механические свойства приведены в таблице 2.3.1.

#### 3.1.3.4.1 Расчет тяги на сжатие

Напряжения сжатия

$$\sigma_m = \frac{F}{S_{\min}} = 103,8 \text{ МПа};$$

где  $F = \frac{F_B \cdot 215}{268 \cdot \cos(10^\circ)} = 399568 \text{ Н}$  – нагрузка на тягу;

$F_B = 490500 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на один крюк при подрыве;

$S_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 3849 \text{ мм}^2$  – расчётная площадь поперечного сечения тяги;

$d = 70 \text{ мм}$  – диаметр тяги в опасном сечении.

Условие прочности

$$\sigma_m < [\sigma] = 143,46 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 143,46 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения материала тяги (смотри таблицу 2.2).

Условие прочности согласно /1/ выполнено.

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | AME 1317.09.00.000 PP | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 26   |

### 3.1.3.4.2 Расчет тяги на устойчивость

Гибкость стержня

$$\lambda = \frac{v \cdot h}{i_{\min}} = 49,4;$$

где  $v = 1$  – коэффициент приведенной длины (для шарнирного опирания);

$h = 865$  мм – длина тяги;

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{S_1}} = 17,5 \text{ мм} – \text{наименьший главный радиус инерции};$$

$$J_{\min} = \frac{3,142 \cdot 70^4}{64} = 1,179 \cdot 10^6 \text{ мм}^4 – \text{минимальный момент инерции};$$

$$S_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 3849 \text{ мм}^2 – \text{расчётная площадь поперечного сечения оси};$$

$d = 70$  мм – диаметр тяги в опасном сечении.

Так как /6/

$$40 < \lambda < 100,$$

то критическое напряжение сжатия, при котором произойдет потеря устойчивости, проводится по формуле Ясинского

$$\sigma_{\text{кр}} = a - b\lambda = 253,7 \text{ МПа};$$

где  $a = 310$  МПа;  $b = 1,14$  МПа.

Коэффициент запаса по устойчивости

$$n_y = \frac{\sigma_{\text{кр}}}{\sigma_m} = 2,44;$$

где  $\sigma_m = 103,8$  МПа – наибольшее сжимающее напряжение.

Условие обеспечения устойчивости выполняется

$$n_y > n_{y,\min},$$

где  $n_{y,\min} = 2$  – минимальное значение коэффициента запаса по устойчивости /1/.

Устойчивость тяги обеспечена.

### 3.1.3.5 Тяга грузовая

Тяга изготовлена из стали Ст3сп. Механические свойства приведены в таблице 2.3.1.

|                                                                                                               |                |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--|--|--|
| Инов. № подл.                                                                                                 | Подпись и дата |  |  |  |
|                                                                                                               | Инов. № дубл.  |  |  |  |
|                                                                                                               | В зам. инв. №  |  |  |  |
|                                                                                                               | Подпись и дата |  |  |  |
| Изм. Лист № докум. Подп. Дата                                                                                 |                |  |  |  |
| то критическое напряжение сжатия, при котором произойдет потеря устойчивости, проводится по формуле Ясинского |                |  |  |  |
| $\sigma_{кр} = a - b\lambda = 253,7 \text{ МПа};$                                                             |                |  |  |  |
| где $a = 310 \text{ МПа}; b = 1,14 \text{ МПа}.$                                                              |                |  |  |  |
| Коэффициент запаса по устойчивости                                                                            |                |  |  |  |
| $n_y = \frac{\sigma_{кр}}{\sigma_m} = 2,44;$                                                                  |                |  |  |  |
| где $\sigma_m = 103,8 \text{ МПа}$ – наибольшее сжимающее напряжение.                                         |                |  |  |  |
| Условие обеспечения устойчивости выполняется                                                                  |                |  |  |  |
| $n_y > n_{y,\min},$                                                                                           |                |  |  |  |
| где $n_{y,\min} = 2$ – минимальное значение коэффициента запаса по устойчивости /1/.                          |                |  |  |  |
| Устойчивость тяги обеспечена.                                                                                 |                |  |  |  |
| 3.1.3.5 Тяга грузовая                                                                                         |                |  |  |  |
| Тяга изготовлена из стали СтЗсп. Механические свойства приведены в таблице 2.3.1.                             |                |  |  |  |
| АМЕ 1317.09.00.000 РР                                                                                         |                |  |  |  |
| Лист                                                                                                          |                |  |  |  |
| 27                                                                                                            |                |  |  |  |

### 3.1.3.5.1 Проушина

Расчётный эскиз проушины, согласно /7/, показан на рисунке 3.1.13.

Напряжения смятия

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{F}{d \cdot t \cdot K_c} = 78,6 \text{ МПа};$$

где  $F = \sqrt{F_{\Gamma}^2 + F_B^2} = 628584 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на проушину крюка при подрыве;

$$F_{\Gamma} = \frac{F_B \cdot 215}{268} = 393100 \text{ Н} – \text{максимальная горизонтальная нагрузка на проушину}$$

крюка при подрыве;

$F_B = 490500 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на проушину крюка при подрыве;

$t = 100 \text{ мм}$  – суммарная толщина проушины;

$d = 80 \text{ мм}$  – диаметр оси;

$K_c = 1$  – коэффициент допускаемых контактных напряжений смятия /7/.

Напряжения разрыва поперечного сечения

$$(\sigma)_{\text{ср}} = \frac{F}{2 \cdot b \cdot t \cdot K_{\sigma v}} = 66 \text{ МПа};$$

где  $b = 65 \text{ мм}$  – ширина перемычки;

$$K_{\sigma v} = 0,48 + 0,45 \cdot \frac{a}{b} - 0,075 \cdot \frac{B}{d} = 0,73 – \text{коэффициент /7/};$$

$a = 65 \text{ мм}$  – высота перемычки;

$B = 210 \text{ мм}$  – ширина проушины.

Напряжения среза перемычки

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot (a + 0,2 \cdot d) \cdot t \cdot K_{\tau}} = 43,1 \text{ МПа};$$

где  $K_{\tau} = 0,9$  – коэффициент снижения прочности /7/.

Напряжения разрыва перемычки

$$(\sigma)_p = \frac{F}{2 \cdot a \cdot t \cdot K_{\sigma H}} = 56,9 \text{ МПа};$$

где  $K_{\sigma H} = 1,15 - 0,3 \cdot \frac{a}{b} = 0,85$  – коэффициент снижения прочности /7/.

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | AME 1317.09.00.000 PP | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 28   |

Условия прочности для проушины тяги выполняются согласно /1/:

$$\sigma_{sm} < [\sigma] = 143,46 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{cp} < [\sigma] = 143,46 \text{ МПа};$$

$$\tau < 0,5 \cdot [\sigma] = 71,7 \text{ МПа};$$

$$\sigma_p < [\sigma] = 143,46 \text{ МПа},$$

где  $[\sigma] = 143,46 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения, таблица 2.2.

### 3.1.3.5.2 Сечение Tr90x12

Напряжения растяжения

$$\sigma_{mw} = \frac{F}{A_w} = 102,7 \text{ МПа};$$

где  $F = 490500 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на одну тягу при подрыве;

$$A_w = 0,785 \cdot d_1^2 = 4776 \text{ мм}^2 - \text{площадь поперечного сечения Tr90x12};$$

$d_1 = 78 \text{ мм}$  – расчётный диаметр резьбы Tr90x12.

Напряжение среза резьбы тяги

$$\tau_w = \frac{F}{\pi \cdot d_1 \cdot h \cdot K_1 \cdot K_m} = 44,8 \text{ МПа};$$

где  $h = 125 \text{ мм}$  – высота рабочей части резьбы;

$K_1 = 0,65$  – коэффициент полноты для трапецеидальной резьбы /1/;

$K_m = 0,55$  – коэффициент, учитывающий изменение деформации витков по высоте гайки /1/.

Условия прочности:

$$(\sigma)_{1w} = \sigma_{mw} < [\sigma]_w = 103 \text{ МПа}; \tau_w < 0,25 \cdot R_{p0,2} = 51,5 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma]_w^T = 103 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения для резьбового соединения (таблица 2.2);

$R_{p0,2} = 206 \text{ МПа}$  – минимальное значение предела текучести материала тяги (таблица 2.2).

Условия прочности выполнены в соответствии с /1/ и /9/.

|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |    |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|--|--|--|----|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |                       |  |  |  |    |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           | AME 1317.09.00.000 PP |  |  |  |    |
|               |                |               |               |                | Лист                  |  |  |  | 29 |

3.1.4 Нижний захватный механизм

Расчет проводится для наиболее нагруженных элементов механизма. Эскиз приведен на рисунке 3.1.14.

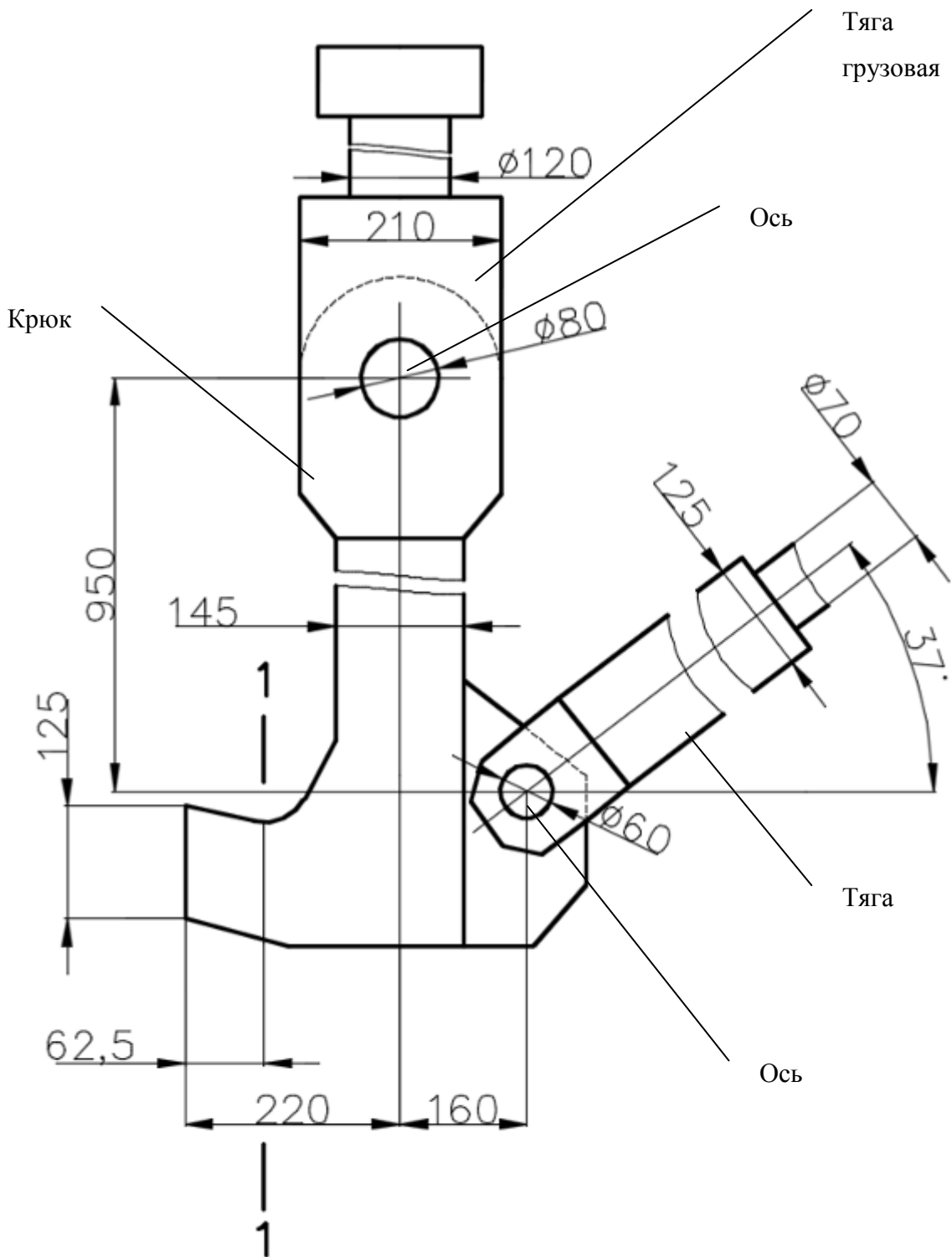


Рисунок 3.1.14

|               |                |               |               |                |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |
|               |                |               |               |                |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           |

### 3.1.4.1 Крюк

Крюк изготовлен из листовой стали СтЗсп. Механические свойства приведены в таблице 2.3.1.

#### 3.1.4.1.1 Сечение 1-1

Напряжения среза

$$\tau = \frac{F}{A} = 39,2 \text{ МПа};$$

где  $F = 490500 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на один крюк при подрыве;

$A = h \cdot b = 12500 \text{ мм}^2$  – площадь поперечного сечения;

$h = 125 \text{ мм}$  – высота сечения;

$b = 100 \text{ мм}$  – ширина сечения.

Условие прочности

$$\tau < 0,5 \cdot [\sigma] = 71,7 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 143,46 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения материала (таблица 2.2).

Условие прочности выполнены /1/.

#### 3.1.4.1.2 Проушина крюка

Расчётный эскиз проушины, согласно /7/, показан на рисунке 3.1.13.

Напряжения смятия

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{F}{d \cdot t \cdot K_c} = 62,9 \text{ МПа};$$

где  $F = \sqrt{F_{\Gamma}^2 + F_B^2} = 503480 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на проушину крюка при подрыве;

$F_{\Gamma} = \frac{F_B \cdot 220}{950} = 113589 \text{ Н}$  – максимальная горизонтальная нагрузка на проушину крюка при подрыве;

$F_B = 490500 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на проушину крюка при подрыве;

$t = 100 \text{ мм}$  – толщина проушины;

$d = 80 \text{ мм}$  – диаметр оси;

$K_c = 1$  – коэффициент допускаемых контактных напряжений смятия /7/.

|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |    |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|--|--|--|----|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |                       |  |  |  |    |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           | AME 1317.09.00.000 PP |  |  |  |    |
|               |                |               |               |                | Лист                  |  |  |  | 31 |

Напряжения разрыва поперечного сечения

$$(\sigma)_{cp} = \frac{F}{2 \cdot b \cdot t \cdot K_{\sigma v}} = 52,8 \text{ МПа};$$

где  $b = 65 \text{ мм}$  – ширина перемычки;

$$K_{\sigma v} = 0,48 + 0,45 \cdot \frac{a}{b} - 0,075 \cdot \frac{B}{d} = 0,73 \text{ – коэффициент /7/};$$

$a = 65 \text{ мм}$  – высота перемычки;

$B = 210 \text{ мм}$  – ширина проушины.

Напряжения среза перемычки

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot (a + 0,2 \cdot d) \cdot t \cdot K_{\tau}} = 34,5 \text{ МПа};$$

где  $K_{\tau} = 0,9$  – коэффициент снижения прочности /7/.

Напряжения разрыва перемычки

$$(\sigma)_p = \frac{F}{2 \cdot a \cdot t \cdot K_{\sigma H}} = 45,6 \text{ МПа};$$

где  $K_{\sigma H} = 1,15 - 0,3 \cdot \frac{a}{b} = 0,85$  – коэффициент снижения прочности /7/.

Условия прочности для проушины выполняются согласно /1/:

$$\sigma_{sm} < [\sigma] = 143,46 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{cp} < [\sigma] = 143,46 \text{ МПа};$$

$$\tau < 0,5 \cdot [\sigma] = 71,7 \text{ МПа};$$

$$\sigma_p < [\sigma] = 143,46 \text{ МПа},$$

где  $[\sigma] = 143,46 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения, таблица 2.2.

### 3.1.4.2 Ось Ø80 мм

Ось изготовлена из стали 45, с механическими свойствами, приведенными в таблице 2.2.

Напряжения среза

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot S} = 50,1 \text{ МПа};$$

где  $F = \sqrt{F_T^2 + F_B^2} = 503480 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на ось при подрыве;

|                       |                |               |               |                |
|-----------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Инов. № подл.         | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |
|                       |                |               |               |                |
| Изм.                  | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           |
|                       |                |               |               |                |
| AME 1317.09.00.000 PP |                |               |               | Лист           |
|                       |                |               |               | 32             |

$$F_r = \frac{F_B \cdot 220}{950} = 113589 \text{ Н} - \text{максимальная горизонтальная нагрузка на ось при}$$

подрыве;

$F_B = 490500 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на ось при подрыве;

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 5024 \text{ мм}^2 - \text{расчётная площадь поперечного сечения оси};$$

$d = 80 \text{ мм}$  – диаметр оси.

Условие прочности

$$\tau < 0,5 \cdot [\sigma] = 128,3 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 228,6 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения материала оси (смотри таблицу 2.2).

Условие прочности согласно /1/ выполнено.

### 3.1.4.3 Ось Ø60 мм

Ось изготовлена из стали 45, с механическими свойствами, приведенными в таблице 2.2.

Напряжения среза

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot S} = 25,2 \text{ МПа};$$

где  $F = \frac{F_B \cdot 220}{950 \cdot \cos(37^\circ)} = 142230 \text{ Н}$  – нагрузка на ось;

$F_B = 490500 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на один крюк при подрыве;

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2826 \text{ мм}^2 - \text{расчётная площадь поперечного сечения оси};$$

$d = 60 \text{ мм}$  – диаметр оси.

Условие прочности

$$\tau < 0,5 \cdot [\sigma] = 128,3 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 228,6 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения материала оси (смотри таблицу 2.2).

Условие прочности согласно /1/ выполнено.

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | AME 1317.09.00.000 PP | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 33   |

### 3.1.4.4 Тяга

Тяга изготовлена из стали Ст3сп. Механические свойства приведены в таблице 2.3.1.

#### 3.1.4.4.1 Расчет тяги на сжатие

Напряжения сжатия

$$\sigma_m = \frac{F}{S_{\min}} = 37 \text{ МПа};$$

где  $F = \frac{F_B \cdot 220}{950 \cdot \cos(37^\circ)} = 142230 \text{ Н}$  – нагрузка на тягу;

$F_B = 490500 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на один крюк при подрыве;

$$S_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 3849 \text{ мм}^2 \text{ – расчётная площадь поперечного сечения тяги};$$

$d = 70 \text{ мм}$  – диаметр тяги в опасном сечении.

Условие прочности

$$\sigma_m < [\sigma] = 143,46 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 143,46 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения материала тяги (смотри таблицу 2.2).

Условие прочности согласно /1/ выполнено.

#### 3.1.4.4.2 Расчет тяги на устойчивость

Гибкость стержня

$$\lambda = \frac{v \cdot h}{i_{\min}} = 67,7;$$

где  $v = 1$  – коэффициент приведенной длины (для шарнирного опирания);

$h = 1185 \text{ мм}$  – длина тяги;

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{S_1}} = 17,5 \text{ мм – наименьший главный радиус инерции};$$

$$J_{\min} = \frac{3,142 \cdot 70^4}{64} = 1,179 \cdot 10^6 \text{ мм}^4 \text{ – минимальный момент инерции};$$

$$S_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 3849 \text{ мм}^2 \text{ – расчётная площадь поперечного сечения оси};$$

$d = 70 \text{ мм}$  – диаметр тяги в опасном сечении.

|                       |                |               |               |                |
|-----------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Инов. № подл.         | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |
|                       |                |               |               |                |
| Изм.                  | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           |
|                       |                |               |               |                |
| AME 1317.09.00.000 PP |                |               |               | Лист           |
|                       |                |               |               | 34             |

Так как /6/

$$40 < \lambda < 100,$$

то критическое напряжение сжатия, при котором произойдет потеря устойчивости, проводится по формуле Ясинского

$$\sigma_{кр} = a - b\lambda = 232,8 \text{ МПа};$$

где  $a = 310 \text{ МПа}$ ;  $b = 1,14 \text{ МПа}$ .

Коэффициент запаса по устойчивости

$$n_y = \frac{\sigma_{кр}}{\sigma_m} = 6,3;$$

где  $\sigma_m = 37 \text{ МПа}$  – наибольшее сжимающее напряжение.

Условие обеспечения устойчивости выполняется

$$n_y > n_{y,\min},$$

где  $n_{y,\min} = 2$  – минимальное значение коэффициента запаса по устойчивости /1/.

Устойчивость тяги обеспечена.

|               |                |               |               |                |                       |  |      |  |  |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|--|------|--|--|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |                       |  |      |  |  |
|               |                |               |               |                |                       |  |      |  |  |
|               |                |               |               |                |                       |  |      |  |  |
|               |                |               |               |                |                       |  |      |  |  |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           | AME 1317.09.00.000 PP |  | Лист |  |  |
|               |                |               |               |                |                       |  | 35   |  |  |

### 3.1.4.5 Тяга грузовая

Тяга изготовлена из стали СтЗсп. Механические свойства приведены в таблице 2.3.1.

#### 3.1.4.5.1 Проушина

Расчётный эскиз проушины, согласно /7/, показан на рисунке 3.1.13.

Напряжения смятия

$$\sigma_{sm} = \frac{F}{d \cdot t \cdot K_c} = 62,9 \text{ МПа};$$

где  $F = \sqrt{F_T^2 + F_B^2} = 503480 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на проушину тяги при подрыве;

$$F_T = \frac{F_B \cdot 220}{950} = 113589 \text{ Н} – \text{максимальная горизонтальная нагрузка на проушину}$$

тяги при подрыве;

$F_B = 490500 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на проушину тяги при подрыве;

$t = 100 \text{ мм}$  – суммарная толщина проушины;

$d = 80 \text{ мм}$  – диаметр оси;

$K_c = 1$  – коэффициент допускаемых контактных напряжений смятия /7/.

Напряжения разрыва поперечного сечения

$$(\sigma)_{cp} = \frac{F}{2 \cdot b \cdot t \cdot K_{\sigma v}} = 52,8 \text{ МПа};$$

где  $b = 65 \text{ мм}$  – ширина перемычки;

$$K_{\sigma v} = 0,48 + 0,45 \cdot \frac{a}{b} - 0,075 \cdot \frac{B}{d} = 0,73 – \text{коэффициент /7/};$$

$a = 65 \text{ мм}$  – высота перемычки;

$B = 200 \text{ мм}$  – ширина проушины.

Напряжения среза перемычки

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot (a + 0,2 \cdot d) \cdot t \cdot K_{\tau}} = 34,5 \text{ МПа};$$

где  $K_{\tau} = 0,9$  – коэффициент снижения прочности /7/.

|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |      |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|--|--|--|------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |                       |  |  |  |      |
|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |      |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           |                       |  |  |  | Лист |
|               |                |               |               |                |                       |  |  |  | 36   |
|               |                |               |               |                | АМЕ 1317.09.00.000 РР |  |  |  |      |

Напряжения разрыва перемычки

$$(\sigma)_p = \frac{F}{2 \cdot a \cdot t \cdot K_{\sigma H}} = 45,6 \text{ МПа};$$

где  $K_{\sigma H} = 1,15 - 0,3 \cdot \frac{a}{b} = 0,85$  – коэффициент снижения прочности /7/.

Условия прочности для проушины выполняются согласно /1/:

$$\sigma_{sm} < [\sigma] = 143,46 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{cp} < [\sigma] = 143,46 \text{ МПа};$$

$$\tau < 0,5 \cdot [\sigma] = 71,7 \text{ МПа};$$

$$\sigma_p < [\sigma] = 143,46 \text{ МПа},$$

где  $[\sigma] = 143,46 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения, таблица 2.2.

#### 3.1.4.5.2 Сечение Tr90x12

Напряжения растяжения

$$\sigma_{mw} = \frac{F}{A_w} = 102,7 \text{ МПа};$$

где  $F = 490500 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на один крюк при подрыве;

$A_w = 0,785 \cdot d_1^2 = 4776 \text{ мм}^2$  - площадь поперечного сечения Tr90x12;

$d_1 = 78 \text{ мм}$  – расчётный диаметр резьбы Tr90x12.

Напряжение среза резьбы болта

$$\tau_w = \frac{F}{\pi \cdot d_1 \cdot h \cdot K_1 \cdot K_m} = 44,8 \text{ МПа};$$

где  $h = 125 \text{ мм}$  – высота рабочей части резьбы болта;

$K_1 = 0,65$  – коэффициент полноты для трапецеидальной резьбы 1/;

$K_m = 0,55$  – коэффициент, учитывающий изменение деформации витков по высоте гайки /1/.

Условия прочности:

$$(\sigma)_{1w} = \sigma_{mw} < [\sigma]_w = 103 \text{ МПа}; \tau_w < 0,25 \cdot R_{p0,2} = 51,5 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma]_w = 103 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения для резьбовой части тяги (таблица 2.2);

$R_{p0,2} = 206 \text{ МПа}$  – минимальное значение предела текучести материала тяги (таблица 2.2).

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                |  |  |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--|--|------|
| Инов. № подл.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Подпись и дата |  |  |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Инов. № дубл.  |  |  |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | В зам. инв. №  |  |  |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Подпись и дата |  |  |      |
| Изм.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Лист           |  |  |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | № докум.       |  |  |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Подп.          |  |  |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Дата           |  |  |      |
| <p>где <math>A_w = 0,785 \cdot d_1^2 = 4776 \text{ мм}^2</math> - площадь поперечного сечения Tr90x12;</p> <p><math>d_1 = 78 \text{ мм}</math> – расчётный диаметр резьбы Tr90x12.</p> <p>Напряжение среза резьбы болта</p> $\tau_w = \frac{F}{\pi \cdot d_1 \cdot h \cdot K_1 \cdot K_m} = 44,8 \text{ МПа};$ <p>где <math>h = 125 \text{ мм}</math> – высота рабочей части резьбы болта;</p> <p><math>K_1 = 0,65</math> – коэффициент полноты для трапецидальной резьбы 1/;</p> <p><math>K_m = 0,55</math> – коэффициент, учитывающий изменение деформации витков по высоте гайки /1/.</p> <p>Условия прочности:</p> $(\sigma)_{1w} = \sigma_{mw} < [\sigma]_w = 103 \text{ МПа}; \tau_w < 0,25 \cdot R_{p0,2} = 51,5 \text{ МПа};$ <p>где <math>[\sigma]_w = 103 \text{ МПа}</math> – допускаемые напряжения для резьбовой части тяги (таблица 2.2);</p> <p><math>R_{p0,2} = 206 \text{ МПа}</math> – минимальное значение предела текучести материала тяги (таблица 2.2).</p> |                |  |  |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                |  |  | Лист |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                |  |  | 37   |

Условия прочности выполнены в соответствии с /1/ и /9/.

### 3.1.5 Резьбовые соединения захвата

#### 3.1.5.1 Болтовое соединение частей захвата

Части трубы захвата между собой соединены посредством 20 болтов М36 класса прочности 5.6.

Труба захвата соединена с верхней и нижние плитами посредством 20 шпилек М42 класса прочности 5.6.

Напряжения растяжения

$$\sigma_{mw} = \frac{F}{A_w \cdot z} = 71,7 \text{ МПа};$$

где  $F = 1471,5 \text{ кН}$  – нагрузка на соединение при подрыве корзины нижними крюками;

$z = 20$  – количество болтов (шпилек);

$A_w = 0,785 \cdot d_1^2 = 1025,8 \text{ мм}^2$  - площадь поперечного сечения М42;

$d_1 = 36,15 \text{ мм}$  – расчётный диаметр резьбы М42.

Напряжение среза резьбы болта (шпильки)

$$\tau_w = \frac{F}{\pi \cdot d_1 \cdot h \cdot K_1 \cdot K_m \cdot z} = 34,9 \text{ МПа};$$

где  $h = 33 \text{ мм}$  – высота рабочей части резьбы;

$K_1 = 0,75$  – коэффициент полноты резьбы для болта (шпильки) /1/;

$K_m = 0,75$  – коэффициент, учитывающий изменение деформации витков по высоте гайки /1/.

Напряжение среза резьбы, нарезанной в плитах захвата

$$\tau_g = \frac{F}{\pi \cdot d_1 \cdot h \cdot K_1 \cdot K_m \cdot z} = 30,1 \text{ МПа};$$

где  $K_1 = 0,87$  – коэффициент полноты резьбы для гайки /1/;

$K_m = 0,75$  – коэффициент, учитывающий изменение деформации витков по высоте гайки /1/.

Условия прочности:

$$(\sigma)_{1w} = \sigma_{mw} < [\sigma]_w = 150 \text{ МПа}; \tau_w < 0,25 \cdot R_{p0,2} = 75 \text{ МПа}; \tau_g < 0,25 \cdot R_{p0,2} = 51,5 \text{ МПа};$$

|                |      |               |       |               |                       |                |  |               |      |
|----------------|------|---------------|-------|---------------|-----------------------|----------------|--|---------------|------|
| Подпись и дата |      | Инов. № дубл. |       | В зам. инв. № |                       | Подпись и дата |  | Инов. № подл. |      |
|                |      |               |       |               |                       |                |  |               |      |
| Изм.           | Лист | № докум.      | Подп. | Дата          | АМЕ 1317.09.00.000 РР |                |  |               | Лист |
|                |      |               |       |               |                       |                |  |               | 38   |

где  $[\sigma]_w = 150$  МПа – допускаемые напряжения материала болта или шпильки (таблица 2.2);

$R_{p0,2} = 300$  МПа – минимальное значение предела текучести материала болта или шпильки (таблица 2.2);

$R_{p0,2} = 206$  МПа – минимальное значение предела текучести материала фланца захвата (таблица 2.2).

Условия прочности выполнены в соответствии с /1/ и /9/.

### 3.1.5.2 Болтовое соединение проушины 250т

Проушина 250т крепится к захвату 12 болтами М56 класса прочности 5.6.

Напряжения растяжения

$$\sigma_{mw} = \frac{F}{A_w \cdot z} = 134,2 \text{ МПа};$$

где  $F = 3065625$  Н – нагрузка на проушину с учетом коэффициента перегрузки 1,25;  
 $z = 12$  – количество болтов;

$A_w = 0,785 \cdot d_1^2 = 1904 \text{ мм}^2$  - площадь поперечного сечения М56;

$d_1 = 49,25$  мм – расчётный диаметр резьбы М56.

Напряжение среза резьбы болта

$$\tau_w = \frac{F}{\pi \cdot d_1 \cdot h \cdot K_1 \cdot K_m \cdot z} = 53 \text{ МПа};$$

где  $h = 55$  мм – высота рабочей части резьбы болта;

$K_1 = 0,75$  – коэффициент полноты резьбы для болта /1/;

$K_m = 0,75$  – коэффициент, учитывающий изменение деформации витков по высоте гайки /1/.

Напряжение среза резьбы во фланце захвата

$$\tau_g = \frac{F}{\pi \cdot d_1 \cdot h \cdot K_1 \cdot K_m \cdot z} = 46 \text{ МПа};$$

где  $K_1 = 0,75$  – коэффициент полноты резьбы для болта /1/;

$K_m = 0,87$  – коэффициент, учитывающий изменение деформации витков по высоте гайки /1/.

|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |      |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|--|--|--|------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |                       |  |  |  |      |
|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |      |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           |                       |  |  |  |      |
|               |                |               |               |                | AME 1317.09.00.000 PP |  |  |  | Лист |
|               |                |               |               |                |                       |  |  |  | 39   |

Условия прочности:

$$(\sigma)_{1w} = \sigma_{mw} < [\sigma]_w = 150 \text{ МПа}; \tau_w < 0,25 \cdot R_{p0,2} = 75 \text{ МПа}; \tau_g < 0,25 \cdot R_{p0,2} = 51,5 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma]_w = 150 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения материала болта (таблица 2.2);

$R_{p0,2} = 300 \text{ МПа}$  – минимальное значение предела текучести материала болта (таблица 2.2);

$[\sigma]_g = 103 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения для резьбы во фланце (таблица 2.2);

$R_{p0,2} = 206 \text{ МПа}$  – минимальное значение предела текучести материала фланца захвата (таблица 2.2).

Условия прочности выполнены в соответствии с /1/ и /9/.

### 3.1.6 Фиксатор

Фиксатор предназначен для крепления захвата на цилиндре защитном при хранении и НЭЗ. Наибольшие нагрузки на фиксатор действуют при НЭЗ.

Количество фиксаторов – 3.

Проводится оценка прочности кронштейна фиксатора и крепления фиксатора к захвату.

Эскиз фиксатора показан на рисунке 3.1.15.

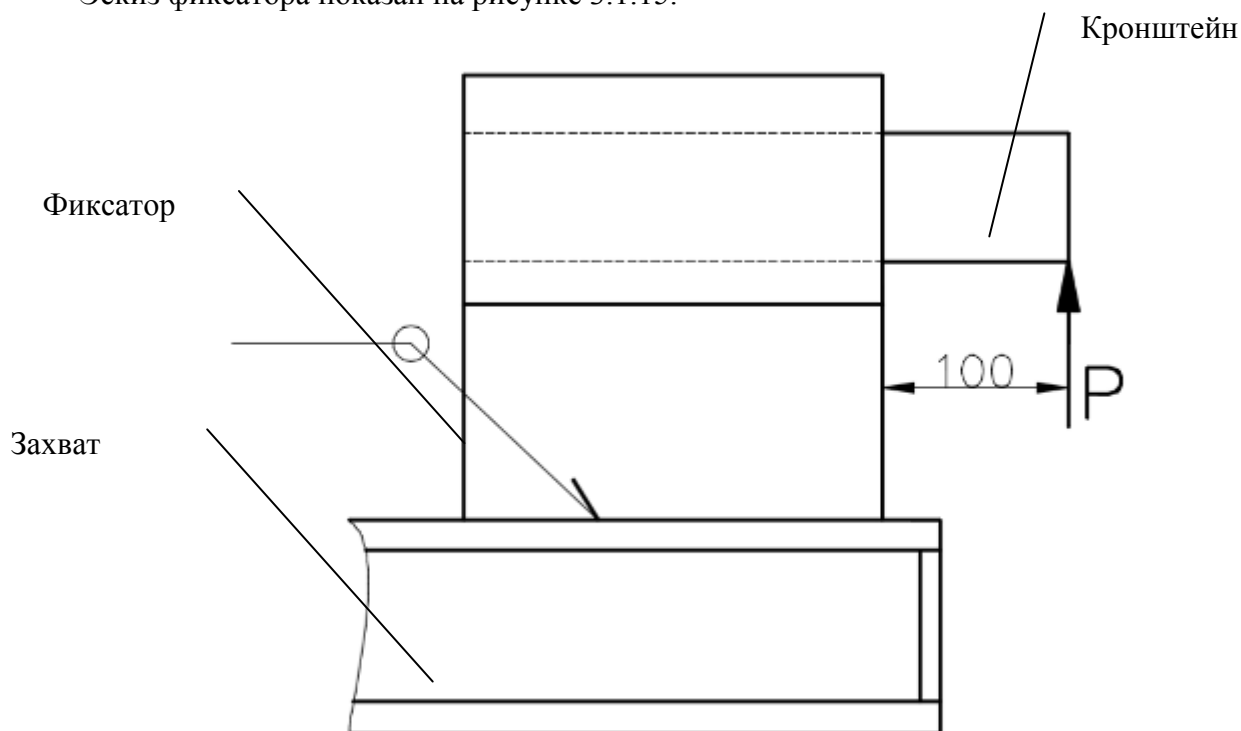


Рисунок 3.1.15

|                       |                |  |  |  |      |
|-----------------------|----------------|--|--|--|------|
| Ивл. № подл.          | Подпись и дата |  |  |  |      |
|                       | Ивл. № дубл.   |  |  |  |      |
|                       | В зам. ивл. №  |  |  |  |      |
|                       | Подпись и дата |  |  |  |      |
| Изм.                  | Лист           |  |  |  |      |
|                       | № докум.       |  |  |  |      |
|                       | Подп.          |  |  |  |      |
|                       | Дата           |  |  |  |      |
| AME 1317.09.00.000 PP |                |  |  |  | Лист |
|                       |                |  |  |  | 40   |

### 3.1.6.1 Кронштейн

Кронштейн изготавливается из Ст3сп. Механические свойства приведены в таблице 2.2.

Напряжение среза

$$\tau = \frac{F}{z \cdot S} = 18 \text{ МПа};$$

где  $F = 912330 \text{ Н}$  – вес захвата плюс вес равный грузоподъёмности захвата;

$S = H^2 = 16900 \text{ мм}^2$  – расчетная площадь поперечного сечения оси;

$H = 130 \text{ мм}$  – высота сечения;

$z = 3$  – количество фиксаторов.

Напряжение изгиба

$$\sigma_b = \frac{F \cdot l}{z \cdot W} = 83 \text{ МПа};$$

где  $l = 100 \text{ мм}$  – плечо изгиба;

$W = \frac{H^3}{6} = 366167 \text{ мм}^3$  – момент сопротивления поперечного сечения.

Приведённые напряжения

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau} = 90,5 \text{ МПа}.$$

Условия прочности:

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} < k \cdot [\sigma] = 186,5 \text{ МПа}; \tau < 0,5 \cdot [\sigma] = 71,73 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 143,46 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения кронштейна, смотри таблицу 2.2;

$k = 1,3$  – коэффициент формы /9/.

Условия прочности выполнены в соответствии с /1/ и /9/.

|                       |                |               |               |                |
|-----------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Инов. № подл.         | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |
|                       |                |               |               |                |
| Изм.                  | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           |
|                       |                |               |               |                |
| AME 1317.09.00.000 PP |                |               |               | Лист           |
|                       |                |               |               | 41             |

|              |                |               |              |                |
|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата |
|              |                |               |              |                |

Diagram of a rectangular cross-section of a beam with a central hole. The outer dimensions are 370 mm in height and 260 mm in width. The hole has a diameter of  $0.7k$ , where  $k$  is the web thickness. The hole is centered horizontally and vertically. The web thickness is indicated as  $0.7k$  on the right side.

Рисунок 3.1.16

$$\tau = \frac{F}{z \cdot S} = 36,2 \text{ МПа};$$

$z = 3$  – количество фиксаторов;

$$S = 0,7 \cdot 2 \cdot 10 \cdot (260 + 370) = 8400 \text{ мм}^2 - \text{площадь сечения сварного шва.}$$

### Условие прочности

$$\tau < 0,5[\sigma] = 71,6 \text{ МПа};$$

Условие прочности выполнено согласно /1/.

### 3.2 Проушина 250 т.

Проушина изготовлена из стали 20. Механические свойства приведены в таблице 2.3.1.

Расчетный случай для проушины 250т:

1) НЭ

ОВ ВКУ расположено на вилке крана 250т.

Нагрузки: вес равный грузоподъемности проушины, коэффициент перегрузки от крюка крана 1,25.

Оценка прочности проушины проводится согласно /7/.

Расчётный эскиз проушины, показан на рисунке 3.1.13.

Напряжения смятия

$$\sigma_{sm} = \frac{F}{d \cdot t \cdot K_c} = 47,2 \text{ МПа};$$

где  $F = 3065625 \text{ Н}$  – нагрузка на проушину с учетом коэффициента перегрузки 1,25;

$t = 260 \text{ мм}$  – суммарная толщина проушины;

$d = 250 \text{ мм}$  – диаметр оси;

$K_c = 1$  – коэффициент допускаемых контактных напряжений смятия /7/.

Напряжения разрыва поперечного сечения

$$(\sigma)_{cp} = \frac{F}{2 \cdot b \cdot t \cdot K_{\sigma v}} = 39,3 \text{ МПа};$$

где  $b = 205 \text{ мм}$  – ширина перемычки;

$$K_{\sigma v} = 0,48 + 0,45 \cdot \frac{a}{b} - 0,075 \cdot \frac{B}{d} = 0,73 \text{ – коэффициент /7/};$$

$a = 205 \text{ мм}$  – высота перемычки;

$B = 660 \text{ мм}$  – ширина проушины.

Напряжения среза перемычки

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot (a + 0,2 \cdot d) \cdot t \cdot K_{\tau}} = 23,1 \text{ МПа};$$

где  $K_{\tau} = 0,9$  – коэффициент снижения прочности /7/.

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | AME 1317.09.00.000 PP | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 43   |

| Инв. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата |
|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
|              |                |               |              |                |

|      |      |          |       |      |
|------|------|----------|-------|------|
|      |      |          |       |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

Эпюра распределения приведённых напряжений, возникающих в цилиндре при НЭ1, показана на рисунке 3.3.1 (в Паскалях).

Рисунок 3.3.1

Максимальные напряжения на эпюрах настоящего пункта – напряжения в зонах концентрации. Напряжения в зонах концентрации используются при оценке циклической прочности.

Цилиндр защитный изготовлен из стали 20. Механические свойства приведены в таблице 2.3.1.

Условия прочности:

$$(\sigma)_1 \leq [\sigma]_1 = [\sigma];$$

$$(\sigma)_2 \leq [\sigma]_2 = k [\sigma];$$

где  $[\sigma]$  – допускаемые напряжения материала рассматриваемого элемента (таблица 2.2);

$k = 1,3$  – коэффициент формы /9/.

Результаты расчета элементов сведены в таблицу 3.3.1.

Таблица 3.3.1 в МПа

| Расчетный случай | $(\sigma)_1$ | $[\sigma]_1$ | $(\sigma)_2$ | $[\sigma]_2$ |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| НЭ1              | 2,5          | 116,7        | -            | 157,7        |
| НЭ3              | 3            | 116,7        | 27           | 157,7        |

Условия прочности выполнены в соответствии /1/ и /9/.

|               |                |               |               |                |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |
|               |                |               |               |                |

|              |                |               |              |                |
|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата |
|              |                |               |              |                |

47

где 
$$\nu = \frac{0,73 \lg \left[ (1 + 1,4 \cdot 10^{-2} Z^T) \frac{R_m^T}{R_{p02}^T} \right]}{\lg \left[ \frac{2,3 \lg \frac{100}{100 - Z^T}}{0,002 + \frac{R_{p02}^T}{E^T}} \right]}$$
 – показатель упрочнения /1/;

$$R_{pe}^T = \left[ \frac{R_{p02}^T}{(0,002 E^T + R_{p02}^T)^\nu} \right]^{\frac{1}{1-\nu}}$$
 – предел пропорциональности /1/;

$E^T$  – модуль упругости материала;

$Z^T$  – относительное сужение при расчётной температуре /1/;

где  $(\sigma_L)$  – максимальные местные напряжения, возникающие в захвате (см. результаты расчетов, приведенные на рисунках 3.1.7-3.1.11) и в цилиндре (см. результаты расчетов, приведенные на рисунке 3.3.1).

Амплитуды местных условно упругих приведенных напряжений в цикле в соответствии с /9/ равны

$$(\sigma_{aF}) = 0,5 \cdot \varphi_f \cdot (\sigma_F)_L,$$

где 
$$\varphi_f = \frac{1}{\varphi_\omega} = 1,333;$$

$\varphi_\omega = 0,75$  – коэффициент снижения циклической прочности сварных соединений /9/.

Допускаемое количество циклов определяется по расчётной кривой усталости в соответствии с /9/.

Амплитуды местных условно упругих приведенных напряжений в цикле в соответствии с /9/ равны

$$(\sigma_{aF}) = 0,5 \cdot \varphi_f \cdot (\sigma_F)_L;$$

где 
$$\varphi_f = \frac{1}{\varphi_\omega} = 1,333;$$

$\varphi_\omega = 0,75$  – коэффициент снижения циклической прочности сварных соединений /9/.

|                                                                                                |      |          |       |      |              |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|-------|------|--------------|----------------|
| Изм.                                                                                           | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Инв. № подл. | Подпись и дата |
|                                                                                                |      |          |       |      |              |                |
|                                                                                                |      |          |       |      |              |                |
|                                                                                                |      |          |       |      |              |                |
| где $\varphi_f = \frac{1}{\varphi_\omega} = 1,333$ ,                                           |      |          |       |      |              |                |
| $\varphi_\omega = 0,75$ – коэффициент снижения циклической прочности сварных соединений /9/.   |      |          |       |      |              |                |
| Допускаемое количество циклов определяется по расчётной кривой усталости в соответствии с /9/. |      |          |       |      |              |                |
| Амплитуды местных условно упругих приведенных напряжений в цикле в соответствии с /9/ равны    |      |          |       |      |              |                |
| $(\sigma_{a F}) = 0,5 \cdot \varphi_f \cdot (\sigma_F)_L$ ;                                    |      |          |       |      |              |                |
| где $\varphi_f = \frac{1}{\varphi_\omega} = 1,333$ ;                                           |      |          |       |      |              |                |
| $\varphi_\omega = 0,75$ – коэффициент снижения циклической прочности сварных соединений /9/.   |      |          |       |      |              |                |
| AME 1317.09.00.000 PP                                                                          |      |          |       |      |              |                |
| Лист                                                                                           |      |          |       |      |              |                |
| 48                                                                                             |      |          |       |      |              |                |

#### 4.1 Захват

Результаты расчета сведены в таблицу 4.1.1.

Таблица 4.1.1

| Режим | $(\sigma_L)$ ,<br>МПа | $(\sigma_F)_L$ ,<br>МПа | $(\sigma_{aF})$ ,<br>МПа | $N_i$ | $[N]_i$ | $a_i$ |
|-------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|---------|-------|
| НЭ    | 193                   | 194                     | 129,5                    | 1000  | $10^4$  | 0,1   |

Накопленное усталостное повреждение за время эксплуатации не превысило

$$\sum a = 0,1.$$

В соответствии с /9/, расчет на циклическую прочность, с учетом сейсмических нагрузок, не проводится, т.к. накопленное усталостное повреждение, с учетом проектных режимов, не превышает величины 0,8.

#### 4.2 Цилиндр защитный

Результаты расчета сведены в таблицу 4.2.1.

Таблица 4.2.1

| Режим | $(\sigma_L)$ ,<br>МПа | $(\sigma_F)_L$ ,<br>МПа | $(\sigma_{aF})$ ,<br>МПа | $N_i$ | $[N]_i$ | $a_i$ |
|-------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|-------|---------|-------|
| НЭ    | 27                    | 27                      | 18                       | 1000  | $10^6$  | 0,001 |

Накопленное усталостное повреждение не превысило

$$\sum a = 0,001.$$

В соответствии с /9/, расчет на циклическую прочность, с учетом сейсмических нагрузок, не проводится, т.к. накопленное усталостное повреждение, с учетом проектных режимов, не превышает величины 0,8.

#### 4.3 Оценка остаточного ресурса

В рамках соответствия требованиям /1/ и /9/ ( $a \leq [a] = 1,0$ ) остаточная накопленная усталостная повреждаемость при продлении ресурса равна

$$a_{ост} = 1,0 - a = 0,9;$$

|               |                |               |               |                |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |
|               |                |               |               |                |

|      |      |          |       |      |                       |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | AME 1317.09.00.000 PP |
|      |      |          |       |      |                       |

|      |
|------|
| Лист |
| 49   |

где  $a = 0,2$  – максимальное значение накопленного усталостного повреждения элементов ОВ ВКУ за срок службы 30 лет (смотри п. 4.1-4.2).

Из результатов расчёта видно, что циклическая прочность элементов ОВ ВКУ с учётом продления срока службы ещё более чем на 30 лет обеспечена, в соответствии с /1/ и /9/.

|                |                |          |       |      |                       |                |      |
|----------------|----------------|----------|-------|------|-----------------------|----------------|------|
| Инв. № подл.   | Подпись и дата |          |       |      | Инв. № дубл.          | Подпись и дата |      |
|                |                |          |       |      |                       |                |      |
|                |                |          |       |      |                       |                |      |
|                |                |          |       |      |                       |                |      |
| В зам. инв. №  | Инв. № дубл.   |          |       |      | Подпись и дата        | Инв. № дубл.   |      |
|                |                |          |       |      |                       |                |      |
|                |                |          |       |      |                       |                |      |
|                |                |          |       |      |                       |                |      |
| Подпись и дата | Подпись и дата |          |       |      | Инв. № дубл.          | Подпись и дата |      |
|                |                |          |       |      |                       |                |      |
|                |                |          |       |      |                       |                |      |
|                |                |          |       |      |                       |                |      |
| Инв. № подл.   | Подпись и дата |          |       |      | Инв. № дубл.          | Подпись и дата |      |
|                |                |          |       |      |                       |                |      |
|                |                |          |       |      |                       |                |      |
|                |                |          |       |      |                       |                |      |
| Изм.           | Лист           | № докум. | Подп. | Дата | AME 1317.09.00.000 PP |                | Лист |
|                |                |          |       |      |                       |                | 50   |

## 5 Расчет на сейсмические воздействия

### 5.1 Захват

#### 5.1.1 Постановка задачи и описание расчетной модели

Расчёт прочности захвата проводится по программе конечно элементного анализа ANSYS /5/. Для определения напряженно-деформированного состояния захвата при воздействии нагрузок рассматриваемых расчётных режимов строятся две полномасштабные трёхмерные конечно-элементные модели, показанные на рисунках 3.1.1 -3.1.3.

Граничные условия для модели 1:

- запрещение перемещений в вертикальном направлении (ось Y) в месте расположения проушины 250т.

Граничные условия для модели 2:

- запрещение перемещений по осям X, Y, Z по опорной поверхности цилиндра защитного.

Опрокидыванию цилиндра при НЭЗ+МРЗ и при хранении препятствуют стены гнезда для цилиндра защитного.

В запас расчета оценка сейсмической прочности элементов ОВ ВКУ проводится на коэффициент перегрузки при НЭ+МРЗ  $k_{\text{МРЗ}} = 4$ .

Нагрузки:

1) НЭ1 + МРЗ

Нагрузки: собственный вес захвата, максимальный собственный вес цилиндра защитного, вес равный грузоподъемности нижних крюков, коэффициент перегрузки от крюка крана при НЭ+МРЗ  $k_{\text{МРЗ}}$ .

2) НЭ2 + МРЗ

Нагрузки: собственный вес захвата, максимальный вес цилиндра защитного, вес равный грузоподъемности верхних крюков, коэффициент перегрузки от крюка крана при НЭ+МРЗ  $k_{\text{МРЗ}}$ .

|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |  |      |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|--|--|--|--|------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата | AME 1317.09.00.000 PP |  |  |  |  | Лист |
|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |  | 51   |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           |                       |  |  |  |  |      |

### 3) НЭЗ + МРЗ

Нагрузки: собственный вес захвата, максимальный собственный вес цилиндра защитного, вес равный грузоподъемности верхних крюков плюс сейсмические нагрузки, определенные по расчетным спектрам ответа для МРЗ для отметки +10,5м.

Направления координатных осей показано на рисунке 3.1.1.

Расчёт сейсмических нагрузок для случая НЭЗ+МРЗ проводится линейно-спектральным методом с использованием программы ANSYS по расчётной модели, описанной в п.п. 3.1.1.

Первые восемь собственных частот для расчетного случая НЭЗ (модель №2) приводятся в таблице 5.1.1.

Таблица 5.1.1

| Форма | Частота, Гц |
|-------|-------------|
| 1     | 6,54        |
| 2     | 6,55        |
| 3     | 11,96       |
| 4     | 15,55       |
| 5     | 15,62       |
| 6     | 22,5        |
| 7     | 31,6        |
| 8     | 32,8        |

В соответствии с /1/, коэффициент демпфирования для ОВ ВКУ равен 2% .

|               |                |          |       |      |                       |               |               |                |               |
|---------------|----------------|----------|-------|------|-----------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата |          |       |      |                       | Инов. № дубл. | В зам. инв. № | Подпись и дата | Инов. № подл. |
|               |                |          |       |      |                       |               |               |                |               |
|               |                |          |       |      |                       |               |               |                |               |
|               |                |          |       |      |                       |               |               |                |               |
| Изм.          | Лист           | № докум. | Подп. | Дата | АМЕ 1317.09.00.000 РР |               |               |                | Лист          |
|               |                |          |       |      |                       |               |               |                | 52            |

5.1.2 Оценка по первой и второй группам категорий напряжений

Оценка напряженного состояния по первой и второй группам категорий напряжений, производится в соответствии с /1/ и /9/.

Эпюра распределения приведённых напряжений, возникающих в захвате при НЭ1+МРЗ, показана на рисунке 5.1.1 (в Паскалях).

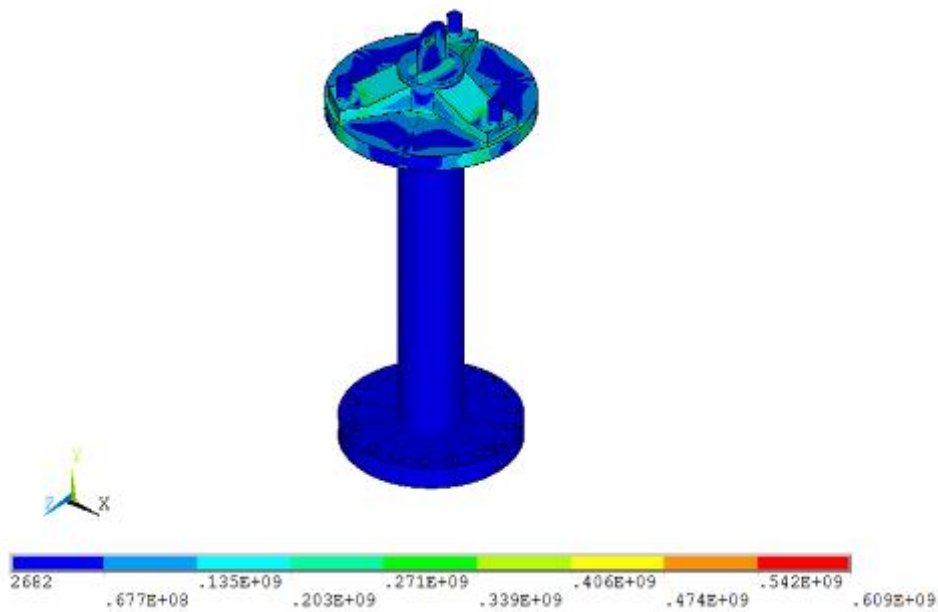


Рисунок 5.1.1

Эпюра распределения приведённых напряжений, возникающих в захвате при НЭ2+МРЗ, показана на рисунке 5.1.2 (в Паскалях).

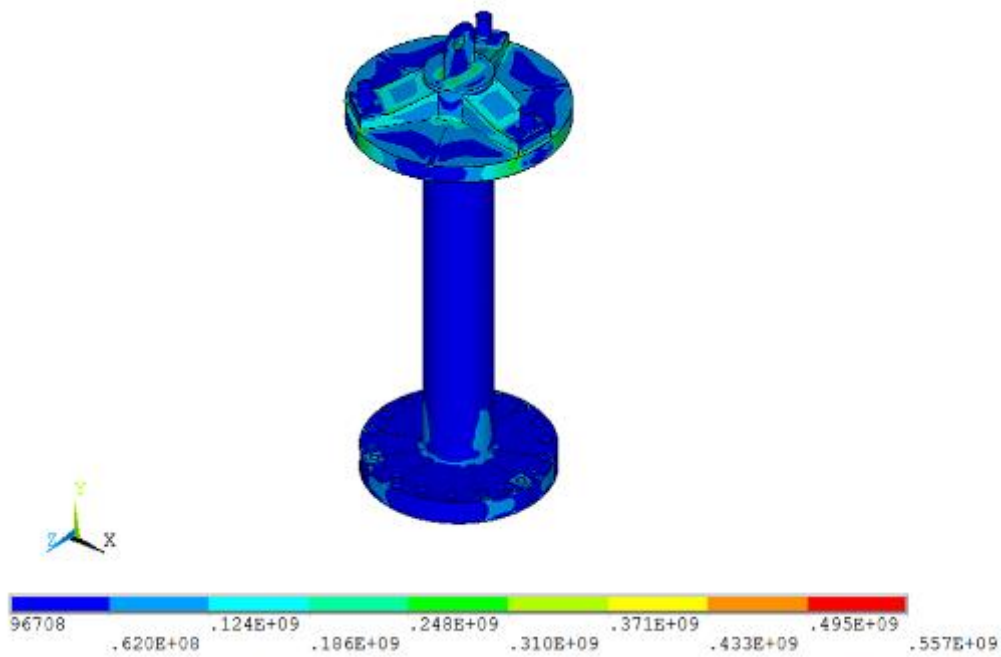


Рисунок 5.1.2

|               |                |               |               |                |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |
|               |                |               |               |                |
|               |                |               |               |                |
|               |                |               |               |                |
|               |                |               |               |                |

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |       |      | AME 1317.09.00.000 PP | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 53   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                       |      |

Эпюра распределения приведённых напряжений, возникающих в захвате при МРЗ для расчетного случая НЭЗ+МРЗ от нагрузок в виде спектров ответа, показана на рисунке 5.1.3 (в Паскалях).

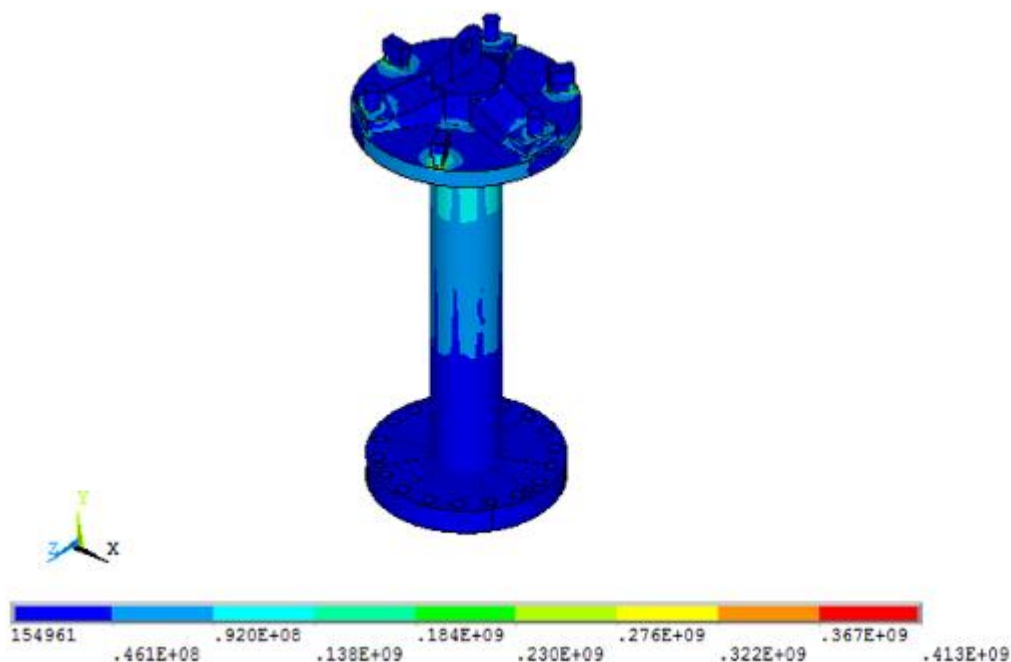


Рисунок 5.1.3

Условия прочности:

– для НЭ1+МРЗ, НЭ2+МРЗ

$$(\sigma_s)_1 \leq [\sigma_s]_1 = 1,4 \cdot [\sigma];$$

$$(\sigma_s)_2 \leq [\sigma_s]_2 = 1,4k [\sigma];$$

– для НЭЗ+МРЗ

$$(\sigma_s)_1 = (\sigma)_1 + (\sigma_s)_1^{\text{МРЗ}} \leq [\sigma_s]_1 = 1,4 \cdot [\sigma]$$

$$(\sigma_s)_2 = (\sigma)_2 + (\sigma_s)_2^{\text{МРЗ}} \leq [\sigma_s]_2 = 1,4k [\sigma];$$

где  $(\sigma)_1$  – напряжения первой группы категорий при НЭ (таблица 3.1.2);

$(\sigma_s)_1^{\text{МРЗ}}$  – напряжения первой группы категорий при МРЗ;

$(\sigma)_2$  – напряжения второй группы категорий при МРЗ (таблица 3.1.2);

$(\sigma_s)_2^{\text{МРЗ}}$  – напряжения второй группы категорий при МРЗ;

$[\sigma]$  – допускаемые напряжения материала (таблица 2.2).

Результаты оценки прочности сведены в таблицу 5.1.2.

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | AME 1317.09.00.000 PP | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 54   |

Таблица 5.1.2

в МПа

| Расчетный<br>случай | $(\sigma_s)_{1}^{MP3}$ | $(\sigma)_1$ | $(\sigma_s)_1$ | $[\sigma_s]_1$ | $(\sigma_s)_2^{MP3}$ | $(\sigma)_2$ | $(\sigma_s)_2$ | $[\sigma_s]_2$ |
|---------------------|------------------------|--------------|----------------|----------------|----------------------|--------------|----------------|----------------|
| НЭ1+МРЗ             | -                      | -            | 8              | 205            | -                    | -            | 189,1          | 263,6          |
| НЭ2+МРЗ             | -                      | -            | 48             | 205            | -                    | -            | 174,4          | 263,6          |
| НЭ3+МРЗ             | 3,3                    | 2,5          | 5,8            | 205            | 111                  | 39           | 150            | 263,6          |

Условия прочности выполнены в соответствии /1/ и /9/.

Крепление фиксатора к захвату и опорные кронштейны фиксатора рассмотрены в п. 5.1.6.

### 5.1.3 Верхний захватный механизм

Расчет проводится для наиболее нагруженных элементов механизма. Эскиз приведен на рисунке 3.1.12.

#### 5.1.3.1 Крюк

Крюк изготовлен из листовой стали СтЗсп. Механические свойства приведены в таблице 2.3.1.

##### 5.1.3.1.1 Сечение 1-1

Напряжения среза

$$\tau_s = \frac{F_s}{A} = 75,3 \text{ МПа};$$

где  $F_s = F_B \cdot k_{MP3} = 941760 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на один крюк при НЭ+МРЗ;

$k_{MP3} = 4$  – коэффициент перегрузки при НЭ+МРЗ;

$F_B = 235440 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на один крюк при транспортировке ВКУ при НЭ;

$A = h \cdot b = 12500 \text{ мм}^2$  – площадь поперечного сечения;

$h = 125 \text{ мм}$  – высота сечения;

$b = 100 \text{ мм}$  – ширина сечения.

Условие прочности

$$\tau_s < 0,7 \cdot [\sigma] = 100,4 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 143,46 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения материала (таблица 2.2).

Условие прочности выполнены /1/.

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | АМЕ 1317.09.00.000 РР | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 55   |

|              |                |               |              |                |
|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата |
|              |                |               |              |                |

## Напряжения смятия

$$\sigma_{\text{sm}} = \frac{F_s}{d \cdot t \cdot K_c} = 150,9 \text{ МПа};$$

$$F_{\text{ГС}} = \frac{F_{\text{БС}} \cdot 215}{268} = 755516 \text{ Н} - \text{максимальная вертикальная нагрузка на проушину при}$$

HЭ+MP3;

$$F_{BS} = F_B \cdot k_{MP3} = 941760 \text{ Н} - \text{максимальная вертикальная нагрузка на проушину при НЭ+МРЗ};$$
$$k_{MP3} = 4 - \text{коэффициент перегрузки при НЭ+МРЗ};$$

$F_B = 235440$  Н – максимальная вертикальная нагрузка на один крюк при транспортировке ВКУ при НЭ;

$t = 100$  мм –толщина проушины;

$d = 80$  мм – диаметр оси;

$K_c = 1$  – коэффициент допускаемых контактных напряжений смятия [7].

### Напряжения разрыва поперечного сечения

$$(\sigma)_{cp} = \frac{F_s}{2 \cdot b \cdot t \cdot K_{\sigma v}} = 126,7 \text{ МПа};$$

где  $b = 65$  мм – ширина перемычки;

$$K_{\sigma v} = 0,48 + 0,45 \cdot \frac{a}{b} - 0,075 \cdot \frac{B}{d} = 0,73 - \text{коэффициент } /7/;$$

$a = 65$  мм— высота перемычки;

$B = 210$  мм – ширина проушины.

### Напряжения среза перемычки

$$\tau = \frac{F_s}{2 \cdot (a + 0,2 \cdot d) \cdot t \cdot K_\tau} = 82,8 \text{ МПа};$$

где  $K_r = 0,9$  – коэффициент снижения прочности [7].

Напряжения разрыва перемычки

$$(\sigma)_p = \frac{F_s}{2 \cdot a \cdot t \cdot K_{\sigma H}} = 109,3 \text{ МПа};$$

где  $K_{\sigma H} = 1,15 - 0,3 \cdot \frac{a}{b} = 0,85$  – коэффициент снижения прочности /7/.

Условия прочности для проушины выполняются согласно /1/:

$$\sigma_{sm} < 2,2 [\sigma] = 322,2 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{cp} < 1,4 [\sigma] = 205 \text{ МПа};$$

$$\tau < 0,7 [\sigma] = 100,4 \text{ МПа};$$

$$\sigma_p < 1,4 [\sigma] = 205 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 143,46 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения, таблица 2.2.

### 5.1.3.2 Ось Ø80 мм

Ось изготовлена из стали 45, с механическими свойствами, приведенными в таблице 2.2.

Напряжения среза

$$\tau_s = \frac{F_s}{2 \cdot S} = 120,2 \text{ МПа};$$

где  $F_s = \sqrt{F_{GS}^2 + F_{BS}^2} = 1207359 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на ось при НЭ+МРЗ;

$F_{GS} = \frac{F_{BS} \cdot 215}{268} = 755516 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на ось при НЭ+МРЗ;

$F_{BS} = F_B \cdot k_{MP3} = 941760 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на ось при НЭ+МРЗ;

$k_{MP3} = 4$  – коэффициент перегрузки при НЭ+МРЗ;

$F_B = 235440 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на один крюк при транспортировке ВКУ при НЭ;

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 5024 \text{ мм}^2 \text{ – расчётная площадь поперечного сечения оси};$$

$d = 80 \text{ мм}$  – диаметр оси.

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | AME 1317.09.00.000 PP | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 57   |

### Условие прочности

$$\tau_s < 0,7 \cdot [\sigma] = 160 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 228,6$  МПа – допускаемые напряжения материала оси (таблица 2.2).

Условие прочности согласно /1/ выполнено.

### 5.1.3.3 Ось Ø60 мм

Ось изготовлена из стали 45, с механическими свойствами, приведенными в таблице 2.2.

## Напряжения среза

$$\tau_s = \frac{F_s}{2 \cdot S} = 135,7 \text{ МПа};$$

где  $F_s = \frac{F_{BS} \cdot 215}{268 \cdot \cos(10^\circ)} = 767171 \text{ Н}$  – нагрузка на ось;

$$F_{BS} = F_B \cdot k_{MP3} = 941760 \text{ Н} - \text{максимальная нагрузка на один крюк при НЭ+МРЗ};$$
$$k_{MP3} = 4 - \text{коэффициент перегрузки при НЭ+МРЗ};$$

$F_B = 235440 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на один крюк при транспортировке ВКУ при НЭ;

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2826 \text{ мм}^2 - \text{расчётная площадь поперечного сечения оси;}$$

$d = 60$  мм – диаметр оси.

### Условие прочности

$$\tau_s < 0,7 \cdot [\sigma] = 160 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 228,6$  МПа – допускаемые напряжения материала оси (смотри таблицу 2.2).

Условие прочности согласно /1/ выполнено.

#### 5.1.3.4 Тяга

Тяга изготовлена из стали СтЗсп. Механические свойства приведены в таблице 2.3.1.

|               |                |                                                                                                 |       |      |                       |  |
|---------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-----------------------|--|
| Инв. № подл.  | Подпись и дата | транспортировке ВКУ при НЭ;                                                                     |       |      |                       |  |
|               |                | $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2826 \text{ мм}^2$ – расчётная площадь поперечного сечения оси;  |       |      |                       |  |
|               |                | d = 60 мм – диаметр оси.                                                                        |       |      |                       |  |
|               |                | Условие прочности                                                                               |       |      |                       |  |
|               |                | $\tau_s < 0,7 \cdot [\sigma] = 160 \text{ МПа};$                                                |       |      |                       |  |
| В зам. инв. № | Инв. № дубл.   | где $[\sigma] = 228,6 \text{ МПа}$ – допускаемые напряжения материала оси (смотри таблицу 2.2). |       |      |                       |  |
|               |                | Условие прочности согласно /1/ выполнено.                                                       |       |      |                       |  |
|               |                | 5.1.3.4 Тяга                                                                                    |       |      |                       |  |
|               |                | Тяга изготовлена из стали Ст3сп. Механические свойства приведены в                              |       |      |                       |  |
|               |                | таблице 2.3.1.                                                                                  |       |      |                       |  |
|               |                |                                                                                                 |       |      |                       |  |
|               |                |                                                                                                 |       |      | Лист                  |  |
|               |                |                                                                                                 |       |      | 58                    |  |
| Изм.          | Лист           | № докум.                                                                                        | Подп. | Дата | AME 1317.09.00.000 PP |  |

#### 5.1.3.4.1 Расчет тяги на сжатие

Напряжения сжатия

$$(\sigma_m)_s = \frac{F_s}{S_{\min}} = 199,3 \text{ МПа};$$

где  $F_s = \frac{F_{BS} \cdot 215}{268 \cdot \cos(10^\circ)} = 767171 \text{ Н}$  – нагрузка на тягу;

$F_{BS} = F_B \cdot k_{MP3} = 941760 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на один крюк при НЭ+МРЗ;

$k_{MP3} = 4$  – коэффициент перегрузки при НЭ+МРЗ;

$F_B = 235440 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на один крюк при транспортировке ВКУ при НЭ;

$$S_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 3849 \text{ мм}^2 \text{ – расчётная площадь поперечного сечения тяги};$$

$d = 70 \text{ мм}$  – диаметр тяги в опасном сечении.

Условие прочности

$$\sigma_m < 1,4[\sigma] = 200,8 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 143,46 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения материала тяги (смотри таблицу 2.2).

Условие прочности согласно /1/ выполнено.

#### 5.1.3.5 Тяга грузовая

Тяга изготовлена из стали СтЗсп. Механические свойства приведены в таблице 2.3.1.

##### 5.1.3.5.1 Проушина

Расчётный эскиз проушины, согласно /7/, показан на рисунке 3.1.13.

Напряжения смятия

$$\sigma_{sm} = \frac{F_s}{d \cdot t \cdot K_c} = 150,9 \text{ МПа};$$

где  $F_s = \sqrt{F_{TS}^2 + F_{BS}^2} = 1207359 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на проушину при НЭ+МРЗ;

$F_{TS} = \frac{F_{BS} \cdot 215}{268} = 755516 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на проушину при НЭ+МРЗ;

|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |      |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|--|--|--|------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |                       |  |  |  |      |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           |                       |  |  |  | Лист |
|               |                |               |               |                | AME 1317.09.00.000 PP |  |  |  | 59   |

$F_{BS} = F_B \cdot k_{MP3} = 941760 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на проушину при НЭ+МРЗ;

$k_{MP3} = 4$  – коэффициент перегрузки при НЭ+МРЗ;

$F_G = 235440 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на проушину при транспортировке ВКУ при НЭ;

$t = 100 \text{ мм}$  – суммарная толщина проушины;

$d = 80 \text{ мм}$  – диаметр оси;

$K_c = 1$  – коэффициент допускаемых контактных напряжений смятия /7/.

Напряжения разрыва поперечного сечения

$$(\sigma)_{cp} = \frac{F_s}{2 \cdot b \cdot t \cdot K_{\sigma v}} = 126,7 \text{ МПа};$$

где  $b = 65 \text{ мм}$  – ширина перемычки;

$$K_{\sigma v} = 0,48 + 0,45 \cdot \frac{a}{b} - 0,075 \cdot \frac{B}{d} = 0,73 \text{ – коэффициент /7/};$$

$a = 65 \text{ мм}$  – высота перемычки;

$B = 210 \text{ мм}$  – ширина проушины.

Напряжения среза перемычки

$$\tau = \frac{F_s}{2 \cdot (a + 0,2 \cdot d) \cdot t \cdot K_{\tau}} = 82,8 \text{ МПа};$$

где  $K_{\tau} = 0,9$  – коэффициент снижения прочности /7/.

Напряжения разрыва перемычки

$$(\sigma)_p = \frac{F_s}{2 \cdot a \cdot t \cdot K_{\sigma H}} = 109,3 \text{ МПа};$$

где  $K_{\sigma H} = 1,15 - 0,3 \cdot \frac{a}{b} = 0,85$  – коэффициент снижения прочности /7/.

Условия прочности для проушины тяги выполняются согласно /1/:

$$\sigma_{sm} < 2,7[\sigma] = 387,3 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{cp} < 1,4[\sigma] = 200,8 \text{ МПа};$$

$$\tau < 0,7 \cdot [\sigma] = 100,4 \text{ МПа};$$

$$\sigma_p < 1,4 [\sigma] = 200,8 \text{ МПа},$$

где  $[\sigma] = 143,46 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения, таблица 2.2.

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | АМЕ 1317.09.00.000 РР | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 60   |

#### 5.1.3.5.2 Сечение Tr90x12

Напряжения растяжения

$$(\sigma_s)_{mw} = \frac{F_s}{A_w} = 88,7 \text{ МПа};$$

где  $F = F_B \cdot k_{MP3} = 423792 \text{ Н}$  – нагрузка на тягу при НЭ+МРЗ;

$k_{MP3} = 1,8$  – расчетный коэффициент перегрузки при НЭ+МРЗ, полученный по результатам расчета /4/;

$F_B = 235440 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на тягу при транспортировке ВКУ при НЭ;

$$A_w = 0,785 \cdot d_1^2 = 4776 \text{ мм}^2 - \text{площадь поперечного сечения Tr90x12};$$

$d_1 = 78 \text{ мм}$  – расчётный диаметр резьбы Tr90x12.

Напряжение среза резьбы

$$\tau_w = \frac{F_s}{\pi \cdot d_1 \cdot h \cdot K_1 \cdot K_m} = 38,7 \text{ МПа};$$

где  $h = 125 \text{ мм}$  – высота рабочей части резьбы тяги;

$K_1 = 0,65$  – коэффициент полноты для трапецеидальной резьбы /1/;

$K_m = 0,55$  – коэффициент, учитывающий изменение деформации витков по высоте гайки /1/.

Условия прочности:

$$(\sigma_s)_{1w} = (\sigma_s)_{mw} < 1,4[\sigma]_w = 144,2 \text{ МПа}; \tau_w < 0,7 \cdot [\sigma]_w = 72,1 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma]_w^T = 103 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения для резьбового соединения (таблица 2.2);

$R_{p0,2} = 206 \text{ МПа}$  – минимальное значение предела текучести материала тяги (таблица 2.2).

Условия прочности выполнены в соответствии с /1/ и /9/.

#### 5.1.4 Нижний захватный механизм

Расчет проводится для наиболее нагруженных элементов механизма. Эскиз приведен на рисунке 3.1.14.

Крюк изготовлен из листовой стали Ст3сп. Механические свойства приведены в таблице 2.3.1.

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | AME 1317.09.00.000 PP | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 61   |

#### 5.1.4.1 Крюк

##### 5.1.4.1.1 Сечение 1-1

Напряжения среза

$$\tau_s = \frac{F_s}{A} = 75,3 \text{ МПа};$$

где  $F_s = F_B \cdot k_{MP3} = 941760 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на один крюк при НЭ+МРЗ;

$k_{MP3} = 4$  – коэффициент перегрузки при НЭ+МРЗ;

$F_B = 235440 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на один крюк при транспортировке ВКУ при НЭ;

$A = h \cdot b = 12500 \text{ мм}^2$  – площадь поперечного сечения;

$h = 125 \text{ мм}$  – высота сечения;

$b = 100 \text{ мм}$  – ширина сечения.

Условие прочности

$$\tau_s < 0,7 \cdot [\sigma] = 100,4 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 143,46 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения материала (таблица 2.2).

Условие прочности выполнены /1/.

##### 5.1.4.1.2 Проушина крюка

Расчётный эскиз проушины, согласно /7/, показан на рисунке 3.1.13.

Напряжения смятия

$$\sigma_{sm} = \frac{F_s}{d \cdot t \cdot K_c} = 120,8 \text{ МПа};$$

где  $F_s = \sqrt{F_{ГS}^2 + F_{BS}^2} = 966683 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на проушину крюка при НЭ+МРЗ;

$$F_{ГS} = \frac{F_{BS} \cdot 220}{950} = 218092 \text{ Н} \text{ – максимальная горизонтальная нагрузка на проушину}$$

крюка при НЭ+МРЗ;

$F_{BS} = F_B \cdot k_{MP3} = 941760 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на проушину крюка при НЭ+МРЗ;

$k_{MP3} = 4$  – коэффициент перегрузки при НЭ+МРЗ;

|               |         |               |                |               |  |  |  |  |      |
|---------------|---------|---------------|----------------|---------------|--|--|--|--|------|
| Инов. № дубл. | Инов. № | В зам. инв. № | Подпись и дата | Инов. № подл. |  |  |  |  |      |
|               |         |               |                |               |  |  |  |  |      |
|               |         |               |                |               |  |  |  |  |      |
|               |         |               |                |               |  |  |  |  |      |
|               |         |               |                |               |  |  |  |  |      |
| Изм.          | Лист    | № докум.      | Подп.          | Дата          |  |  |  |  | Лист |
|               |         |               |                |               |  |  |  |  | 62   |

$F_B = 235440$  Н – максимальная вертикальная нагрузка на один крюк при транспортировке ВКУ при НЭ;

$t = 100$  мм – толщина проушины;

$d = 80$  мм – диаметр оси;

$K_c = 1$  – коэффициент допускаемых контактных напряжений смятия /7/.

Напряжения разрыва поперечного сечения

$$(\sigma)_{cp} = \frac{F_s}{2 \cdot b \cdot t \cdot K_{\sigma v}} = 101,4 \text{ МПа};$$

где  $b = 65$  мм – ширина перемычки;

$$K_{\sigma v} = 0,48 + 0,45 \cdot \frac{a}{b} - 0,075 \cdot \frac{B}{d} = 0,73 \text{ – коэффициент /7/};$$

$a = 65$  мм – высота перемычки;

$B = 210$  мм – ширина проушины.

Напряжения среза перемычки

$$\tau = \frac{F_s}{2 \cdot (a + 0,2 \cdot d) \cdot t \cdot K_{\tau}} = 66,3 \text{ МПа};$$

где  $K_{\tau} = 0,9$  – коэффициент снижения прочности /7/.

Напряжения разрыва перемычки

$$(\sigma)_p = \frac{F_s}{2 \cdot a \cdot t \cdot K_{\sigma H}} = 87,5 \text{ МПа};$$

где  $K_{\sigma H} = 1,15 - 0,3 \cdot \frac{a}{b} = 0,85$  – коэффициент снижения прочности /7/.

Условия прочности для проушины выполняются согласно /1/:

$$\sigma_{sm} < 2,7[\sigma] = 387,3 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{cp} < 1,4[\sigma] = 200,8 \text{ МПа};$$

$$\tau < 0,7 \cdot [\sigma] = 100,4 \text{ МПа};$$

$$\sigma_p < 1,4 [\sigma] = 200,8 \text{ МПа},$$

где  $[\sigma] = 143,46$  МПа – допускаемые напряжения, таблица 2.2.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                |          |       |      |  |      |      |          |       |      |      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|-------|------|--|------|------|----------|-------|------|------|----|
| Инов. № подл.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Подпись и дата |          |       |      |  |      |      |          |       |      |      |    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Инов. № дубл.  |          |       |      |  |      |      |          |       |      |      |    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | В зам. инв. №  |          |       |      |  |      |      |          |       |      |      |    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Подпись и дата |          |       |      |  |      |      |          |       |      |      |    |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <table border="1"> <tr><td>Изм.</td><td>Лист</td><td>№ докум.</td><td>Подп.</td><td>Дата</td></tr> </table> </div> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">             АМЕ 1317.09.00.000 РР           </div> </div> <div> <table border="1"> <tr><td>Лист</td></tr> <tr><td>63</td></tr> </table> </div> </div> |                |          |       |      |  | Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Лист | 63 |
| Изм.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Лист           | № докум. | Подп. | Дата |  |      |      |          |       |      |      |    |
| Лист                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                |          |       |      |  |      |      |          |       |      |      |    |
| 63                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                |          |       |      |  |      |      |          |       |      |      |    |

#### 5.1.4.2 Ось Ø80 мм

Ось изготовлена из стали 45, с механическими свойствами, приведенными в таблице 2.2.

Напряжения среза

$$\tau_s = \frac{F_s}{2 \cdot S} = 96,2 \text{ МПа};$$

где  $F_s = \sqrt{F_{ГС}^2 + F_{БС}^2} = 966683 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на ось при НЭ+МРЗ;

$F_{ГС} = \frac{F_{БС} \cdot 220}{950} = 218092 \text{ Н}$  – максимальная горизонтальная нагрузка на ось при НЭ+МРЗ;

$F_{БС} = F_B \cdot k_{МРЗ} = 941760 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на ось при НЭ+МРЗ;

$k_{МРЗ} = 4$  – коэффициент перегрузки при НЭ+МРЗ;

$F_B = 235440 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на один крюк при транспортировке ВКУ при НЭ;

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 5024 \text{ мм}^2 \text{ – расчётная площадь поперечного сечения оси;}$$

$d = 80 \text{ мм}$  – диаметр оси.

Условие прочности

$$\tau_s < 0,5 \cdot [\sigma] = 160 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 228,6 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения материала оси (смотри таблицу 2.2).

Условие прочности согласно /1/ выполнено.

#### 5.1.4.3 Ось Ø60 мм

Ось изготовлена из стали 45, с механическими свойствами, приведенными в таблице 2.2.

Напряжения среза

$$\tau_s = \frac{F_s}{2 \cdot S} = 48,9 \text{ МПа};$$

|               |                |          |       |      |      |                       |  |  |  |  |
|---------------|----------------|----------|-------|------|------|-----------------------|--|--|--|--|
| Инов. № подл. | Подпись и дата |          |       |      |      |                       |  |  |  |  |
|               | Инов. № дубл.  |          |       |      |      |                       |  |  |  |  |
|               | В зам. инв. №  |          |       |      |      |                       |  |  |  |  |
|               | Подпись и дата |          |       |      |      |                       |  |  |  |  |
| Изм.          | Лист           | № докум. | Подп. | Дата | Лист |                       |  |  |  |  |
|               |                |          |       |      |      |                       |  |  |  |  |
|               |                |          |       |      |      | AME 1317.09.00.000 PP |  |  |  |  |
|               |                |          |       |      |      | 64                    |  |  |  |  |

$S = \frac{\quad}{4} = 5024 \text{ мм}^2$  – расчетная площадь поперечного сечения оси;

$d = 80 \text{ мм}$  – диаметр оси.

Условие прочности

$\tau_s < 0,5 \cdot [\sigma] = 160 \text{ МПа};$

где  $[\sigma] = 228,6 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения материала оси (смотри таблицу 2.2).

Условие прочности согласно /1/ выполнено.

5.1.4.3 Ось Ø60 мм

Ось изготовлена из стали 45, с механическими свойствами, приведенными в таблице 2.2.

Напряжения среза

$\tau_s = \frac{F_s}{2 \cdot S} = 48,9 \text{ МПа};$

где  $F_s = \frac{F_{BS} \cdot 220}{950 \cdot \cos(37^\circ)} = 273080 \text{ Н}$  – максимальная горизонтальная нагрузка на ось при НЭ+МРЗ;

$F_{BS} = F_B \cdot k_{MPЗ} = 941760 \text{ Н}$  – вертикальная нагрузка на ось при НЭ+МРЗ;

$k_{MPЗ} = 4$  – коэффициент перегрузки при НЭ+МРЗ;

$F_B = 235440 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на один крюк при транспортировке ВКУ при НЭ;

$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2826 \text{ мм}^2$  – расчётная площадь поперечного сечения оси;

$d = 60 \text{ мм}$  – диаметр оси.

Условие прочности

$$\tau_s < 0,7 \cdot [\sigma] = 160 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 228,6 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения материала оси (смотри таблицу 2.2).

Условие прочности согласно /1/ выполнено.

#### 5.1.4.4 Тяга

Тяга изготовлена из стали Ст3сп. Механические свойства приведены в таблице 2.3.1.

##### 5.1.4.4.1 Расчет тяги на сжатие

Напряжения сжатия

$$(\sigma_s)_m = \frac{F_s}{S_{\min}} = 70,9 \text{ МПа};$$

где  $F_s = \frac{F_{BS} \cdot 220}{950 \cdot \cos(37^\circ)} = 273080 \text{ Н}$  – нагрузка на тягу при НЭ+МРЗ;

$F_{BS} = F_B \cdot k_{MPЗ} = 941760 \text{ Н}$  – вертикальная нагрузка на тягу при НЭ+МРЗ;

$k_{MPЗ} = 4$  – коэффициент перегрузки при НЭ+МРЗ;

$F_B = 235440 \text{ Н}$  – максимальная вертикальная нагрузка на один крюк при транспортировке ВКУ при НЭ;

$S_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 3849 \text{ мм}^2$  – расчётная площадь поперечного сечения тяги;

$d = 70 \text{ мм}$  – диаметр тяги в опасном сечении.

|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |  |      |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|--|--|--|--|------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |                       |  |  |  |  | Лист |
|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |  |      |
|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |  |      |
|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |  |      |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           | АМЕ 1317.09.00.000 РР |  |  |  |  | 65   |

### Условие прочности

$$(\sigma_s)_m < 1,4[\sigma] = 200,8 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 143,46$  МПа – допускаемые напряжения материала тяги (смотри таблицу 2.2).

Условие прочности согласно /1/ выполнено.

#### 5.1.4.5 Тяга грузовая

Тяга изготовлена из стали Ст3сп. Механические свойства приведены в таблице 2.3.1.

#### 5.1.4.5.1 Проушина

Расчётный эскиз проушины, согласно /7/, показан на рисунке 3.1.13.

## Напряжения смятия

$$\sigma_{sm} = \frac{F_s}{d \cdot t \cdot K_c} = 120,8 \text{ МПа};$$

где  $F_S = \sqrt{F_{GS}^2 + F_{BS}^2} = 966683 \text{ Н}$  – максимальная нагрузка на проушину крюка при НЭ+МРЗ;

$$F_{\text{ГС}} = \frac{F_{\text{БС}} \cdot 220}{950} = 218092 \text{ Н} - \text{максимальная горизонтальная нагрузка на проушину}$$

крюка при НЭ+МРЗ;

$$F_{BS} = F_B \cdot k_{MP3} = 941760 \text{ Н} - \text{максимальная вертикальная нагрузка на проушину}$$

крюка при НЭ+МРЗ;

$k_{MP3} = 4$  – коэффициент перегрузки при НЭ+МРЗ;

$F_B = 235440$  Н – максимальная вертикальная нагрузка на один крюк при транспортировке ВКУ при НЭ;

$t = 100$  мм – суммарная толщина проушины;

$d = 80$  мм – диаметр оси;

$K_c = 1$  – коэффициент допускаемых контактных напряжений смятия [7].

### Напряжения разрыва поперечного сечения

$$(\sigma)_{cp} = \frac{F_s}{2 \cdot b \cdot t \cdot K_{\sigma v}} = 101,4 \text{ МПа};$$

где  $b = 65$  мм – ширина перемычки;

|                |  |  |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|--|--|
| Инв. № подл.   |  |  |  |  |  |  |
| Подпись и дата |  |  |  |  |  |  |
| В зам. инв. №  |  |  |  |  |  |  |
| Инв. № дубл.   |  |  |  |  |  |  |
| Подпись и дата |  |  |  |  |  |  |
| В зам. инв. №  |  |  |  |  |  |  |
| Инв. № дубл.   |  |  |  |  |  |  |
| Подпись и дата |  |  |  |  |  |  |

НЭ+МРЗ;

$$F_{\text{ГС}} = \frac{F_{\text{BS}} \cdot 220}{950} = 218092 \text{ Н}$$
 – максимальная горизонтальная нагрузка на проушину крюка при НЭ+МРЗ;
 
$$F_{\text{BS}} = F_{\text{B}} \cdot k_{\text{МРЗ}} = 941760 \text{ Н}$$
 – максимальная вертикальная нагрузка на проушину крюка при НЭ+МРЗ;
 
$$k_{\text{МРЗ}} = 4$$
 – коэффициент перегрузки при НЭ+МРЗ;
 
$$F_{\text{B}} = 235440 \text{ Н}$$
 – максимальная вертикальная нагрузка на один крюк при транспортировке ВКУ при НЭ;
 t = 100 мм – суммарная толщина проушины;
 d = 80 мм – диаметр оси;
 K<sub>c</sub> = 1 – коэффициент допускаемых контактных напряжений смятия /7/.
 Напряжения разрыва поперечного сечения
 
$$(\sigma)_{\text{ср}} = \frac{F_s}{2 \cdot b \cdot t \cdot K_{\sigma v}} = 101,4 \text{ МПа};$$
 где b = 65 мм – ширина перемычки;





$A_w = 0,785 \cdot d_1^2 = 1025,8 \text{ мм}^2$  - площадь поперечного сечения М42;

$d_1 = 36,15 \text{ мм}$  – расчётный диаметр резьбы М42.

Напряжение среза резьбы болта (шпильки)

$$\tau_w = \frac{F_s}{\pi \cdot d_1 \cdot h \cdot K_1 \cdot K_m \cdot z} = 66,1 \text{ МПа};$$

где  $h = 33 \text{ мм}$  – высота рабочей части резьбы;

$K_1 = 0,75$  – коэффициент полноты резьбы для болта (шпильки) /1/;

$K_m = 0,75$  – коэффициент, учитывающий изменение деформации витков по высоте гайки /1/.

Напряжение среза резьбы, нарезанной в плитах захвата

$$\tau_g = \frac{F_s}{\pi \cdot d_1 \cdot h \cdot K_1 \cdot K_m \cdot z} = 57 \text{ МПа};$$

где  $K_1 = 0,87$  – коэффициент полноты резьбы для гайки /1/;

$K_m = 0,75$  – коэффициент, учитывающий изменение деформации витков по высоте гайки /1/.

Условия прочности:

$$(\sigma_s)_{1w} = (\sigma_s)_{mw} < 1,4[\sigma]_w = 210 \text{ МПа}; \tau_w < 0,7[\sigma]_w = 105 \text{ МПа}; \tau_g < 0,7[\sigma]_g = 72,1 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma]_w = 150 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения материала болта, шпильки (таблица 2.2);

$R_{p0,2} = 300 \text{ МПа}$  – минимальное значение предела текучести материала болта, шпильки (таблица 2.2);

$$[\sigma]_g = 103 \text{ МПа} – \text{допускаемые напряжения для резьбы во фланце (таблица 2.2);}$$

$R_{p0,2} = 206 \text{ МПа}$  – минимальное значение предела текучести материала фланца захвата (таблица 2.2).

Условия прочности выполнены в соответствии с /1/ и /9/.

#### 5.1.5.2 Болтовое соединение проушины 250т

Проушина 250т крепится к захвату 12 болтами М56 класса прочности 5.6.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                |          |       |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|-------|------|------|
| Инд. № подл.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Подпись и дата |          |       |      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Инд. № дубл.   |          |       |      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | В зам. инв. №  |          |       |      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Подпись и дата |          |       |      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Инд. № подл.   |          |       |      |      |
| <p><math>(\sigma_s)_{1w} = (\sigma_s)_{mw} &lt; 1,4[\sigma]_w = 210 \text{ МПа}; \tau_w &lt; 0,7[\sigma]_w = 105 \text{ МПа}; \tau_g &lt; 0,7[\sigma]_g = 72,1 \text{ МПа};</math></p> <p>где <math>[\sigma]_w = 150 \text{ МПа}</math> – допускаемые напряжения материала болта, шпильки (таблица 2.2);</p> <p><math>R_{p0,2} = 300 \text{ МПа}</math> – минимальное значение предела текучести материала болта, шпильки (таблица 2.2);</p> <p><math>[\sigma]_g = 103 \text{ МПа}</math> – допускаемые напряжения для резьбы во фланце (таблица 2.2);</p> <p><math>R_{p0,2} = 206 \text{ МПа}</math> – минимальное значение предела текучести материала фланца захвата (таблица 2.2).</p> <p>Условия прочности выполнены в соответствии с /1/ и /9/.</p> <p>5.1.5.2 Болтовое соединение проушины 250т</p> <p>Проушина 250т крепится к захвату 12 болтами М56 класса прочности 5.6.</p> |                |          |       |      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                |          |       |      | Лист |
| AME 1317.09.00.000 PP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                |          |       |      |      |
| Изм.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Лист           | № докум. | Подп. | Дата | 69   |

### Напряжения растяжения

$$(\sigma_s)_{mw} = \frac{F_s}{A_w \cdot z} = 193,2 \text{ МПа};$$

где  $F_s = 4414,5 \text{ кН}$  – нагрузка на проушину при НЭ+МРЗ;

$k_{MP3} = 1,8$  – расчетный коэффициент перегрузки при НЭ+МРЗ, полученный по результатам расчета /4/;

$F_G = 2452,5 \text{ кН}$  – грузоподъемность проушины;

$z = 12$  – количество болтов;

$A_w = 0,785 \cdot d_1^2 = 1904 \text{ мм}^2$  - площадь поперечного сечения М56;

$d_1 = 49,25 \text{ мм}$  – расчётный диаметр резьбы М56.

### Напряжение среза резьбы болта

$$\tau_w = \frac{F_s}{\pi \cdot d_1 \cdot h \cdot K_1 \cdot K_m} = 76,9 \text{ МПа};$$

где  $h = 55 \text{ мм}$  – высота рабочей части резьбы болта;

$K_1 = 0,75$  – коэффициент полноты резьбы для болта /1/;

$K_m = 0,75$  – коэффициент, учитывающий изменение деформации витков по высоте гайки /1/.

### Напряжение среза резьбы во фланце захвата

$$\tau_g = \frac{F_s}{\pi \cdot d_1 \cdot h \cdot K_1 \cdot K_m} = 66,3 \text{ МПа};$$

где  $K_1 = 0,75$  – коэффициент полноты резьбы для болта /1/;

$K_m = 0,87$  – коэффициент, учитывающий изменение деформации витков по высоте гайки /1/.

### Условия прочности:

$$(\sigma_s)_{1w} = (\sigma_s)_{mw} < 1,4[\sigma]_w = 210 \text{ МПа}; \tau_w < 0,7[\sigma]_w = 105 \text{ МПа}; \tau_g < 0,7[\sigma]_g = 72,1 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma]_w = 150 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения материала болта (таблица 2.2);

$R_{p0,2} = 300 \text{ МПа}$  – минимальное значение предела текучести материала болта (таблица 2.2);

$[\sigma]_g = 103 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения для резьбы во фланце (таблица 2.2);

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | АМЕ 1317.09.00.000 РР | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 70   |

$R_{p0,2} = 206$  МПа – минимальное значение предела текучести материала фланца захвата (таблица 2.2).

Условия прочности выполнены в соответствии с /1/ и /9/.

#### 5.1.6 Фиксатор

Фиксатор предназначен для крепления захвата на цилиндре защитном при хранении и НЭЗ. Наибольшие сейсмические нагрузки на фиксатор действуют при НЭЗ+МРЗ.

Количество фиксаторов – 3.

Проводится оценка прочности кронштейна фиксатора и крепления фиксатора к захвату.

Эскиз фиксатора показан на рисунке 3.1.15.

##### 5.1.6.1 Кронштейн

Кронштейн изготавливается из СтЗсп. Механические свойства приведены в таблице 2.2.

Напряжение среза

$$\tau_s = \frac{F_s}{S} = 49,2 \text{ МПа};$$

где  $F_s = \frac{F}{z} + F_s' = 832550$  Н – расчетная нагрузка на один фиксатор при НЭ+МРЗ;

$F_s' = 0,52844 \cdot 10^6$  Н – расчетная нагрузка на один фиксатор при МРЗ, полученная по программе ANSYS;

$F = 912330$  Н – вес захвата плюс вес равный грузоподъемности захвата;

$S = H^2 = 16900$  мм<sup>2</sup> – расчетная площадь поперечного сечения оси;

$H = 130$  мм – высота сечения;

$z = 3$  – количество фиксаторов.

Напряжение изгиба

$$\sigma_{bs} = \frac{F_s \cdot l}{W} = 227,4 \text{ МПа};$$

где  $l = 100$  мм – плечо изгиба;

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | AME 1317.09.00.000 PP | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 71   |

$$W = \frac{H^3}{6} = 366167 \text{ мм}^3 - \text{момент сопротивления поперечного сечения.}$$

Приведённые напряжения в оси

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\sigma_{\text{bs}}^2 + 4 \cdot \tau_s} = 247,8 \text{ МПа.}$$

Условия прочности:

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} < 1,4 \cdot k \cdot [\sigma] = 261,1 \text{ МПа}; \tau_s < 0,7 \cdot [\sigma] = 100,4 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 143,46 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения оси, смотри таблицу 2.2;

$k = 1,3$  – коэффициент формы /9/.

Условия прочности выполнены в соответствии с /1/ и /9/.

#### 5.1.6.2 Крепление фиксатора к захвату

Крепление осуществляется сварным швом с катетом 10 мм, показанными на рисунках 3.1.15 и 3.1.16.

Напряжение среза сварного шва

$$\tau_s = \frac{F}{S} = 99,1 \text{ МПа};$$

где  $F_s = \frac{F}{z} + F_s' = 832550 \text{ Н}$  – расчетная нагрузка на один фиксатор при НЭ+МРЗ;

$F_s' = 0,52844 \cdot 10^6 \text{ Н}$  – расчетная нагрузка на один фиксатор при МРЗ, полученная по программе ANSYS;

$F = 912330 \text{ Н}$  – вес захвата плюс вес равный грузоподъёмности захвата;

$z = 3$  – количество фиксаторов;

$S = 0,7 \cdot 2 \cdot 10 \cdot (260 + 370) = 8400 \text{ мм}^2$  - площадь сечения сварного шва.

Результаты расчета резьбового соединения приведены в таблице 3.7.1.

Условие прочности

$$\tau_s < 0,7[\sigma] = 100,2 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 143,1 \text{ МПа}$  – минимальные допускаемые напряжения соединяемых элементов (таблица 2.3.1).

Условие прочности выполнено согласно /1/.

|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |    |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|--|--|--|----|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |                       |  |  |  |    |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           | АМЕ 1317.09.00.000 РР |  |  |  |    |
|               |                |               |               |                | Лист                  |  |  |  | 72 |



Напряжения разрыва перемычки

$$(\sigma)_p = \frac{F_s}{2 \cdot a \cdot t \cdot K_{\sigma H}} = 108,3 \text{ МПа};$$

где  $K_{\sigma H} = 1,15 - 0,3 \cdot \frac{a}{b} = 0,85$  – коэффициент снижения прочности /7/.

Условия прочности для проушины выполняются согласно /1/:

$$\sigma_{sm} < 2,7[\sigma] = 315,1 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{cp} < 1,4[\sigma] = 163,4 \text{ МПа};$$

$$\tau < 0,7 \cdot [\sigma] = 81,7 \text{ МПа};$$

$$\sigma_p < 1,4[\sigma] = 163,4 \text{ МПа};$$

где  $[\sigma] = 116,7 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения, таблица 2.2.

### 5.3 Цилиндр защитный

#### 5.3.1 Постановка задачи

Расчёт прочности цилиндра для расчетного случая НЭЗ+МРЗ проводится по программе конечно элементного анализа ANSYS /5/. Для определения напряженно-деформированного состояния конструкции цилиндра при воздействии нагрузок рассматриваемых расчётных режимов используется модель 2, указанная на рисунках 3.1.2 -3.1.3.

Граничные условия те же, что и в п.п. 3.1.1.

Нагрузки в соответствии с п.п. 2.2.

#### 5.3.2 Оценка по первой и второй группам категорий напряжений

Оценка напряженного состояния по первой и второй группам категорий напряжений, проводится в соответствии с /1/.

При оценке по первой группе категорий напряжений  $(\sigma)_1$  рассматриваются общие мембранные напряжения.

При оценке по второй группе категорий напряжений  $(\sigma)_2$  рассматриваются приведённые напряжения, определяемые по суммам составляющих общих или местных мембранных и общих изгибных напряжений.

|               |                |               |               |                |                       |  |  |  |    |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|--|--|--|----|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |                       |  |  |  |    |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           | AME 1317.09.00.000 PP |  |  |  |    |
|               |                |               |               |                | Лист                  |  |  |  | 74 |

Определение напряжений по первой группе категорий напряжений для случая НЭ1:

$$(\sigma)_1 = \frac{k_{MP3} \cdot m \cdot g}{A_{MIN}} = 15,5 \text{ МПа};$$

где  $A_{MIN} = 444850 \text{ мм}^2$  – минимальная площадь поперечного сечения цилиндра;

$k_{MP3} = 4$  – коэффициент перегрузки при НЭ+МРЗ;

$m = 176200 \text{ кг}$  – максимальная масса цилиндра защитного.

Определение напряжений по первой и второй группам категорий напряжений для случая НЭЗ:

– приведённые напряжения  $\sigma_{ПР}$  для наружных и внутренних поверхностей рассчитываются по формуле, согласно /1/  $\sigma_{ПР} = \sigma_1 - \sigma_3$ ;

– определение напряжений первой группы категорий напряжений проводилось по формуле (в запас расчета)  $(\sigma)_1 = \frac{\sigma_{ПР}^{НАР} + \sigma_{ПР}^{ВН}}{2}$ ;

– определение второй группы категорий напряжений проводилось по формуле  $(\sigma)_2 = \max\{\sigma_{ПР}^{НАР}; \sigma_{ПР}^{ВН}\}$ ;

где  $\sigma_{ПР}^{НАР}$  – приведенные напряжения на наружной поверхности;

$\sigma_{ПР}^{ВН}$  – приведенные напряжения на внутренней поверхности;

$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$  – главные напряжения /1/.

Эпюра распределения приведённых напряжений, возникающих в цилиндре при МРЗ для расчетного случая НЭЗ+МРЗ, показана на рисунке 3.3.1 (в Паскалях).

|                       |      |          |       |      |              |                |               |              |                |                                                                                                                                                   |      |
|-----------------------|------|----------|-------|------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Изм.                  | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Изм. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Изм. № дубл. | Подпись и дата | Эпюра распределения приведённых напряжений, возникающих в цилиндре при МРЗ для расчетного случая НЭЗ+МРЗ, показана на рисунке 3.3.1 (в Паскалях). | Лист |
|                       |      |          |       |      |              |                |               |              |                |                                                                                                                                                   |      |
|                       |      |          |       |      |              |                |               |              |                |                                                                                                                                                   |      |
|                       |      |          |       |      |              |                |               |              |                |                                                                                                                                                   |      |
| АМЕ 1317.09.00.000 РР |      |          |       |      |              |                |               |              |                |                                                                                                                                                   | 75   |

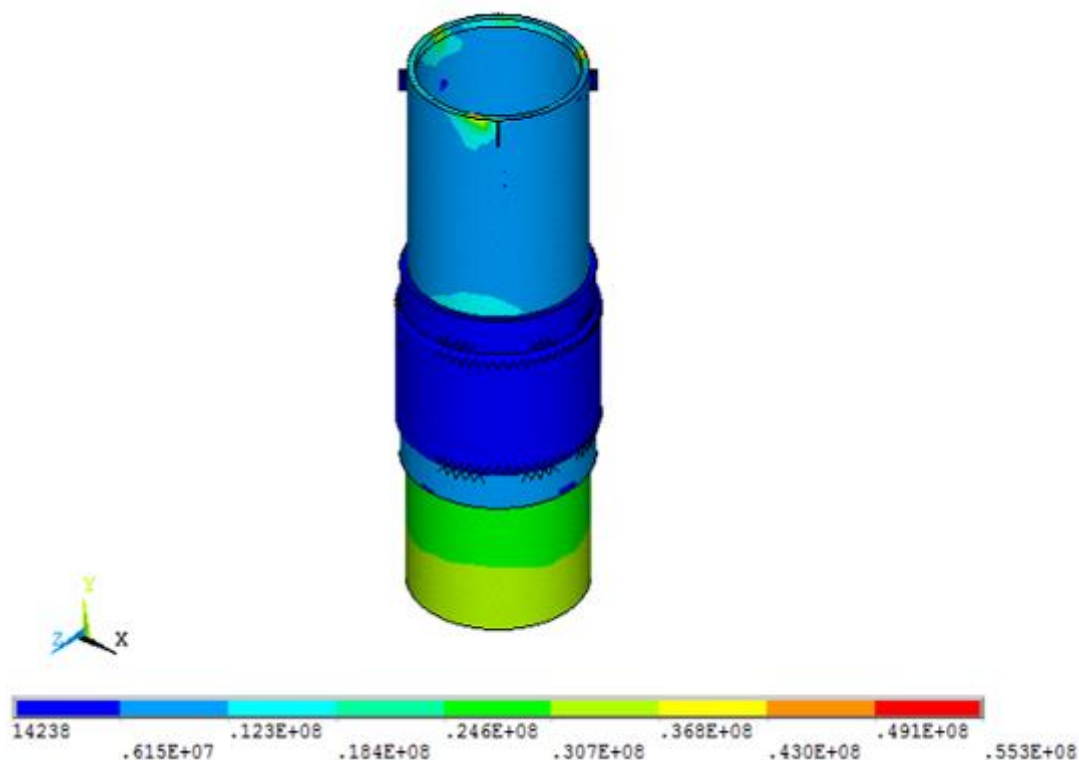


Рисунок 3.3.1

Цилиндр защитный изготовлен из стали 20. Механические свойства приведены в таблице 2.3.1.

Условия прочности:

– для НЭ1+МРЗ

$$(\sigma_s)_1 \leq [\sigma_s]_1 = 1,4 \cdot [\sigma];$$

– для НЭ3+МРЗ

$$(\sigma_s)_1 = (\sigma)_1 + (\sigma_s)_1^{\text{МРЗ}} \leq [\sigma_s]_1 = 1,4 \cdot [\sigma]$$

$$(\sigma_s)_2 = (\sigma)_2 + (\sigma_s)_2^{\text{МРЗ}} \leq [\sigma_s]_2 = 1,4k [\sigma];$$

где  $(\sigma)_1$  – напряжения первой группы категорий при НЭ (таблица 3.3.1);

$(\sigma_s)_1^{\text{МРЗ}}$  – напряжения первой группы категорий при МРЗ;

$(\sigma)_2$  – напряжения второй группы категорий при НЭ (таблица 3.3.1);

$(\sigma_s)_2^{\text{МРЗ}}$  – напряжения второй группы категорий при МРЗ;

$[\sigma]$  – допускаемые напряжения материала рассматриваемого элемента (таблица 2.2);

$k = 1,3$  – коэффициент формы /9/.

Результаты расчета элементов сведены в таблицу 3.3.1.

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | AME 1317.09.00.000 PP | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 76   |

Таблица 3.3.1

в МПа

| Расчетный случай | $(\sigma)_1$ | $(\sigma_s)_{1}^{МЗ}$ | $(\sigma_s)_1$ | $[\sigma]_1$ | $(\sigma)_2$ | $(\sigma_s)_{2}^{МЗ}$ | $(\sigma_s)_2$ | $[\sigma]_2$ |
|------------------|--------------|-----------------------|----------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------|--------------|
| НЭ1+МРЗ          | -            | -                     | 15,5           | 163,4        | -            | -                     | -              | -            |
| НЭ3+МРЗ          | 3            | 6                     | 9              | 163,4        | 27           | 55,3                  | 82,3           | 212,2        |

Условия прочности выполнены в соответствии /1/ и /9/.

|               |      |          |       |      |                       |                |  |               |  |               |  |                |  |
|---------------|------|----------|-------|------|-----------------------|----------------|--|---------------|--|---------------|--|----------------|--|
| Инов. № подл. |      |          |       |      |                       | Подпись и дата |  | Инов. № дубл. |  | В зам. инв. № |  | Подпись и дата |  |
|               |      |          |       |      |                       |                |  |               |  |               |  |                |  |
|               |      |          |       |      |                       |                |  |               |  |               |  |                |  |
|               |      |          |       |      |                       |                |  |               |  |               |  |                |  |
| Изм.          | Лист | № докум. | Подп. | Дата | АМЕ 1317.09.00.000 РР |                |  |               |  | Лист          |  |                |  |
|               |      |          |       |      |                       |                |  |               |  | 77            |  |                |  |

## 6 Заключение

Приведённый расчёт прочности показал:

- статическая прочность рассмотренных элементов оборудования для выема и транспортировки ВКУ обеспечена в соответствии с /1/ и/9/;
- сейсмическая прочность рассмотренных элементов оборудования для выема и транспортировки ВКУ обеспечена в соответствии с /1/ и/9/;
- накопленное усталостное повреждение оборудования для выема и транспортировки ВКУ за срок эксплуатации 30 лет  $\sum a = 0,1$ , в соответствии с /1/ и /9/;
- остаточная накопленная усталостная повреждаемость при продлении срока службы равна  $a_{ост} = 0,9$ . Из результатов расчёта видно, что циклическая прочность элементов оборудования для выема и транспортировки ВКУ с учётом продления срока службы ещё более чем на 30 лет обеспечена, в соответствии с /1/ и /9/.

|              |                |          |       |      |                       |               |                |              |      |
|--------------|----------------|----------|-------|------|-----------------------|---------------|----------------|--------------|------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата |          |       |      | Инв. № дубл.          | В зам. инв. № | Подпись и дата | Инв. № подл. |      |
|              |                |          |       |      |                       |               |                |              |      |
|              |                |          |       |      |                       |               |                |              |      |
| Изм.         | Лист           | № докум. | Подп. | Дата | АМЕ 1317.09.00.000 РР |               |                |              | Лист |
|              |                |          |       |      |                       |               |                |              | 78   |

Список сокращений

- АЭС – атомная электрическая станция;  
ААЭС – Армянская атомная электрическая станция;  
ВКУ – внутрикорпусные устройства;  
КПД – коэффициент полезного действия;  
НЭ – нормальная эксплуатация;  
ПЗ – проектное землетрясение;  
МРЗ –максимальное расчетное землетрясение.

|               |                |          |       |      |                       |               |                |      |
|---------------|----------------|----------|-------|------|-----------------------|---------------|----------------|------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата |          |       |      | В зам. инв. №         | Инов. № дубл. | Подпись и дата |      |
|               |                |          |       |      |                       |               |                |      |
|               |                |          |       |      |                       |               |                |      |
|               |                |          |       |      |                       |               |                |      |
|               |                |          |       |      |                       |               |                |      |
|               |                |          |       |      | AME 1317.09.00.000 PP |               |                | Лист |
|               |                |          |       |      |                       |               |                | 79   |
| Изм.          | Лист           | № докум. | Подп. | Дата |                       |               |                |      |

## Список использованной литературы

- 1      Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. ПНАЭ Г-7-002-86.
- 2      Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций НП-031-01.
- 3      Комплект чертежей оборудования для выема и транспортировки ВКУ 8508.43.800. Армянской АЭС.
- 4      Кран специальный 250/32 ЛУ-36. Расчет на прочность. АМЕ 1317.01.00.000 РР.
- 5      Программный комплекс ANSYS, лицензия № 151427, регистрационный номер паспорта аттестации № 327 от 18.04.2013.
- 6      Оборудование для выема и транспортировки ВКУ. Паспорт. 8508.43.800 ПС.
- 7      В.Т. Лизин, В.А. Пяткин «Проектирование тонкостенных конструкций», М: Машиностроение, 1985.
- 8      Комплект чертежей крана мостового электрического 30/5т. Армянской АЭС.
- 9      Руководство по расчету на прочность оборудования и трубопроводов реакторных установок РБМК, ВВЭР и ЭГП на стадии эксплуатации, включая эксплуатацию за пределами проектного срока службы. РД ЭО 1.1.2.05.0330-2012.
- 10     Г. С. Писаренко. «Справочник по сопротивлению материалов», Киев: Наукова думка, 1988.

|              |                |               |              |                |                                                                                          |  |  |  |  |      |
|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|------|
| Инв. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата | эксплуатацию за пределами проектного срока службы. РД ЭО 1.1.2.05.0330-2012.             |  |  |  |  |      |
|              |                |               |              |                | 10 Г. С. Писаренко. «Справочник по сопротивлению материалов», Киев: Наукова думка, 1988. |  |  |  |  |      |
|              |                |               |              |                |                                                                                          |  |  |  |  |      |
|              |                |               |              |                |                                                                                          |  |  |  |  | Лист |
|              |                |               |              |                | АМЕ 1317.09.00.000 РР                                                                    |  |  |  |  | 80   |
| Изм.         | Лист           | № докум.      | Подп.        | Дата           |                                                                                          |  |  |  |  |      |

## Приложение А

### Спектры ответа

(обязательное)

На рисунках А.1-А.4 представлены действующие для Армянской АЭС спектры ответа для отметки расположения ОВ ВКУ, соответствующие максимальному ускорению грунта  $PGA = 0,35g$  (уровень МРЗ).

По требованию ГК РЯБ РА (госкомитет по ядерной безопасности) при выполнении модернизации в рамках обоснования продления срока службы ААЭС, необходимо обосновать сейсмостойкость оборудования для МРЗ с  $PGA = 0,47g$ .

До получения спектров МРЗ при  $PGA = 0,47g$  требуется приведенные спектры ответа увеличить на 20%.

Коэффициент пересчета от МРЗ к ПЗ для ААЭС – 0,5.

|               |                |               |               |                |                       |  |      |  |  |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|--|------|--|--|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |                       |  |      |  |  |
|               |                |               |               |                |                       |  |      |  |  |
|               |                |               |               |                |                       |  |      |  |  |
|               |                |               |               |                |                       |  |      |  |  |
| Изм.          | Лист           | № докум.      | Подп.         | Дата           | АМЕ 1317.09.00.000 РР |  | Лист |  |  |
|               |                |               |               |                |                       |  | 81   |  |  |

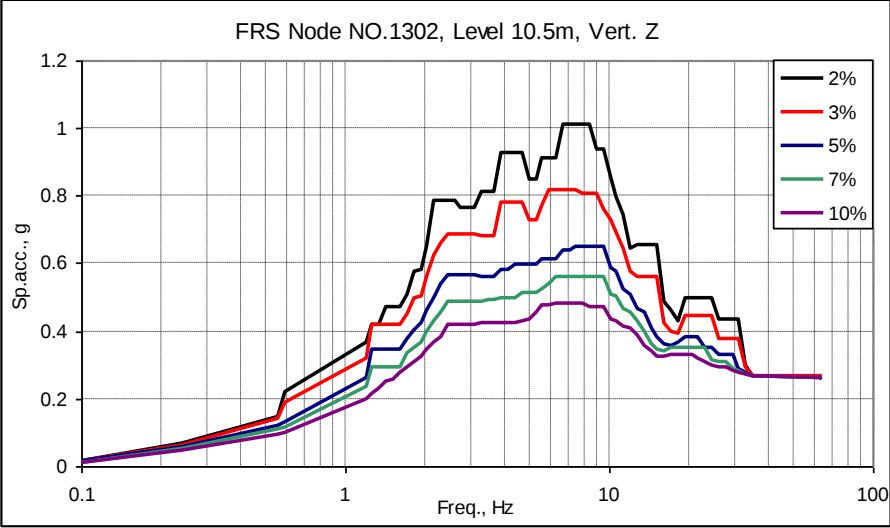
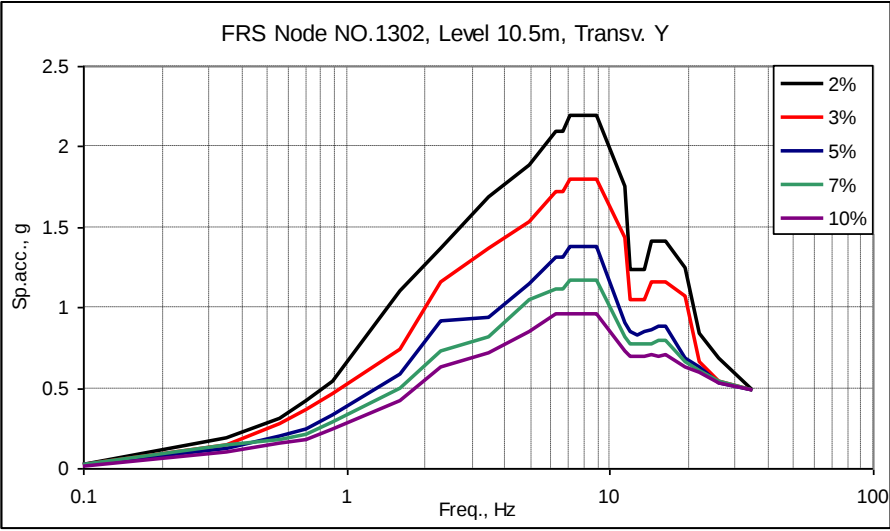
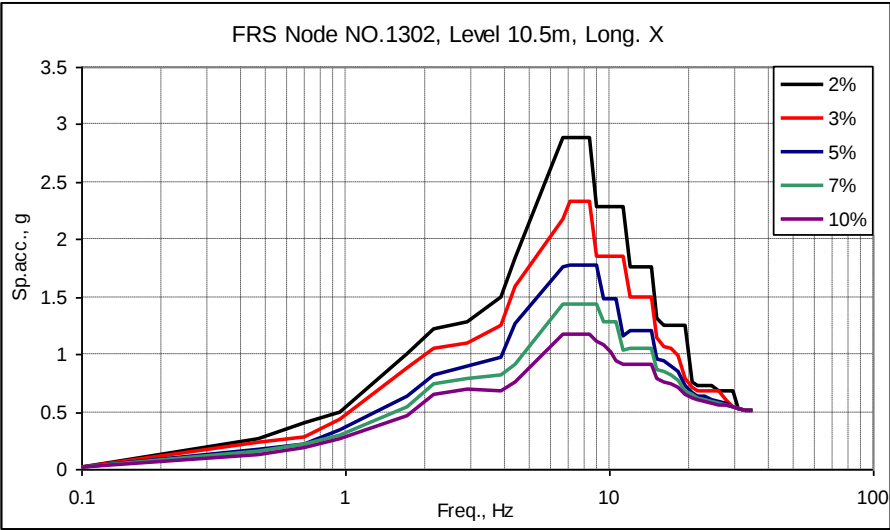


Рисунок А.1

|               |                |               |               |                |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |
|               |                |               |               |                |

|               |                |               |               |                |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |
|               |                |               |               |                |

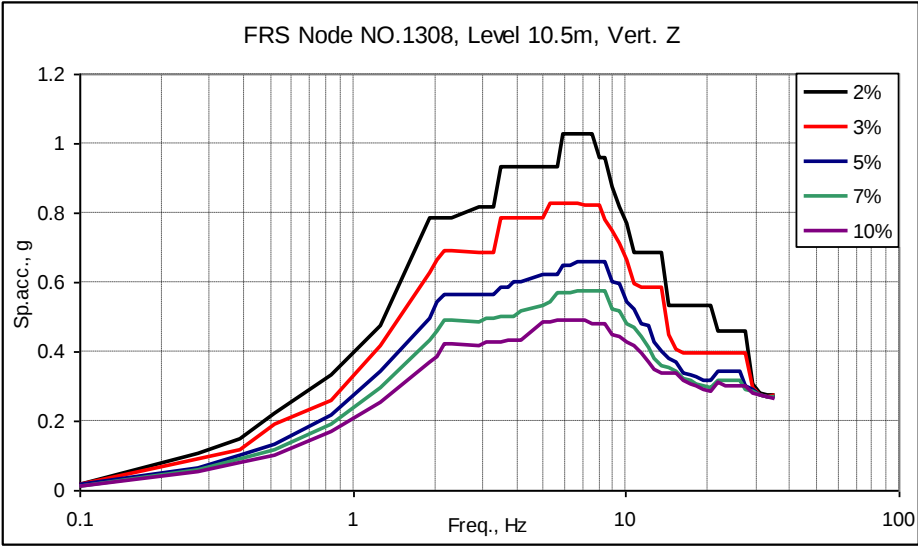
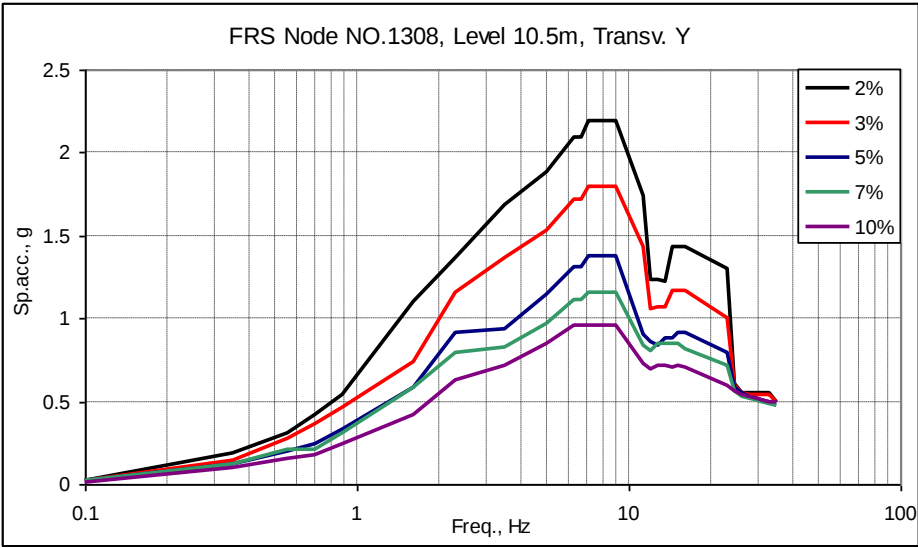
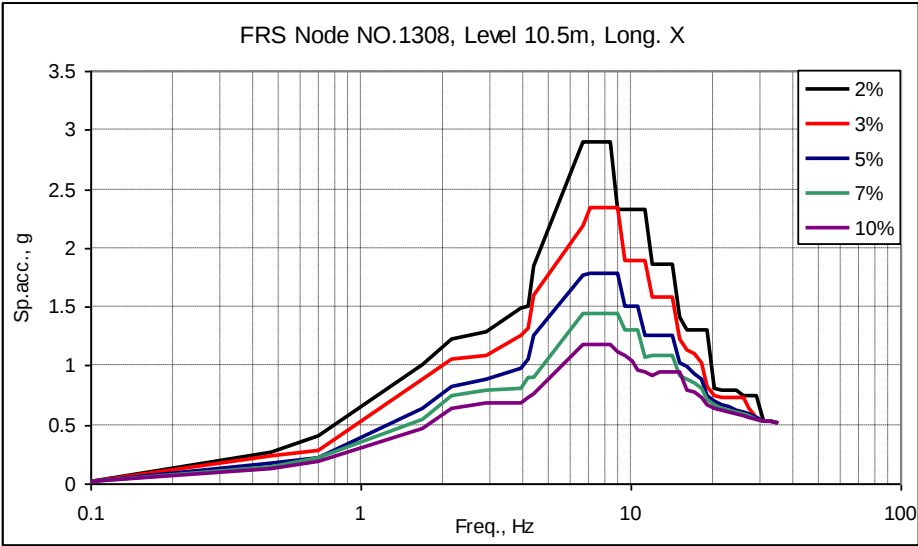


Рисунок А.2

|               |                |               |               |                |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |
|               |                |               |               |                |

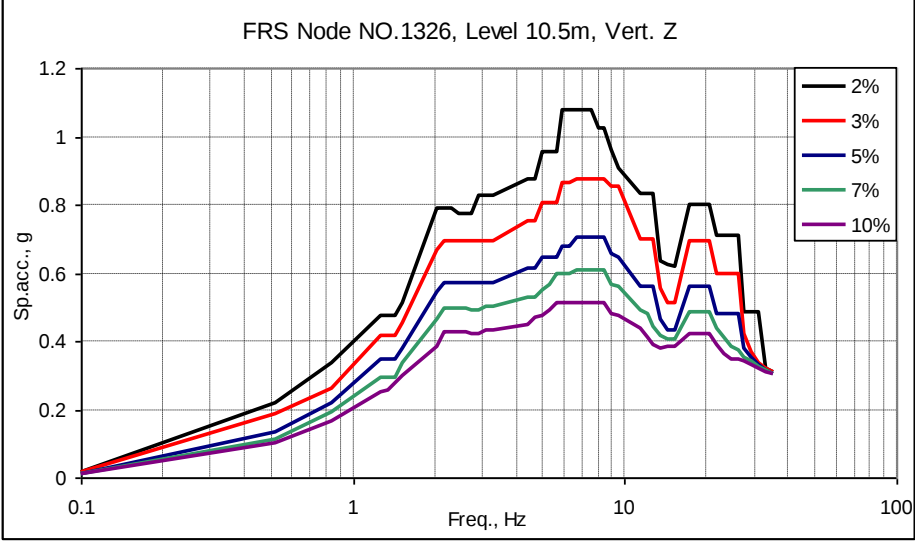
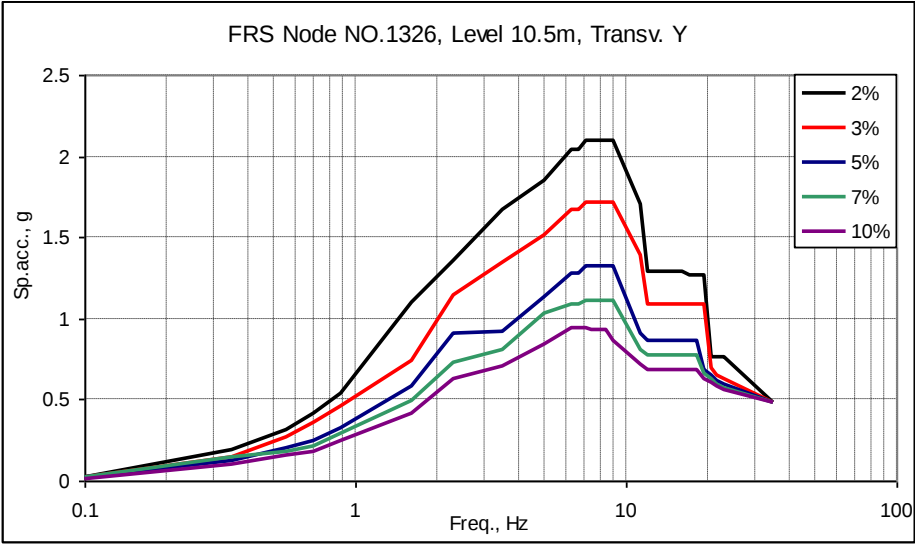
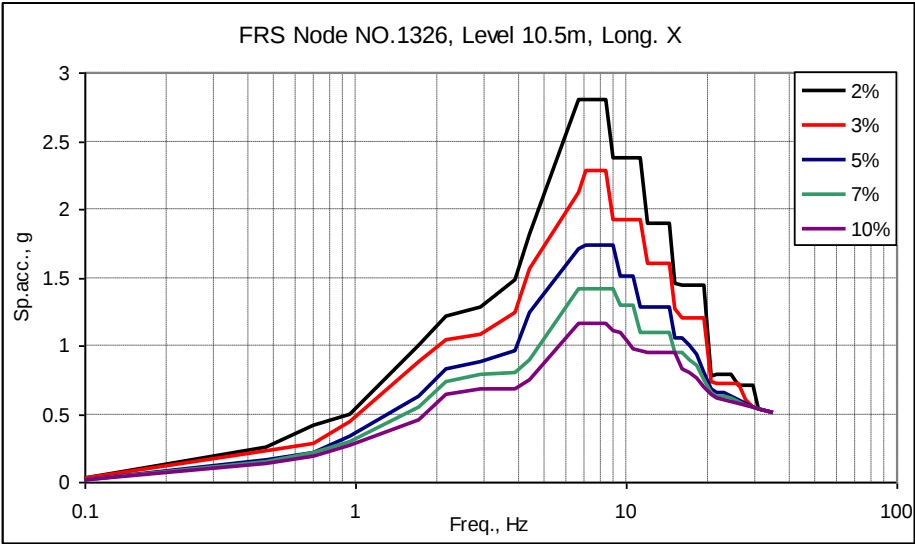


Рисунок А.3

|               |                |               |               |                |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Инов. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инов. № дубл. | Подпись и дата |
|               |                |               |               |                |

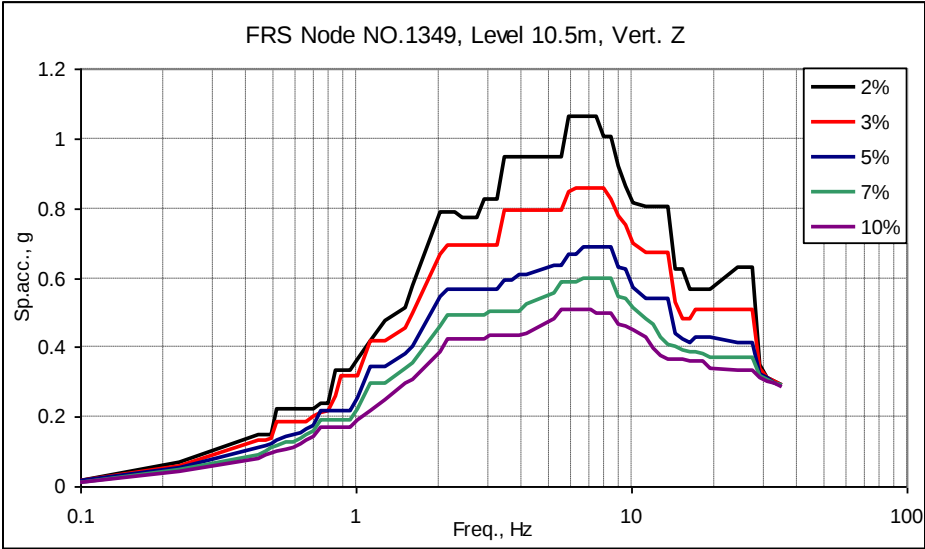
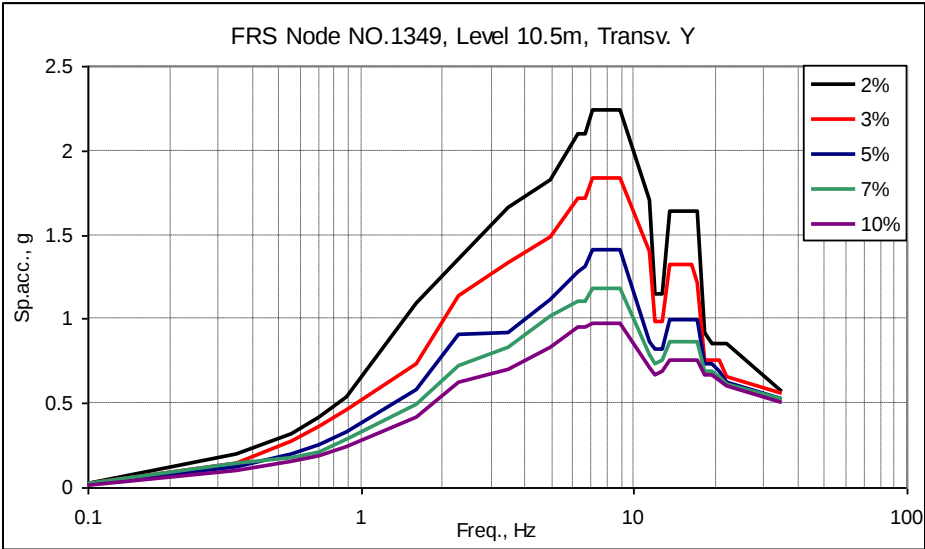
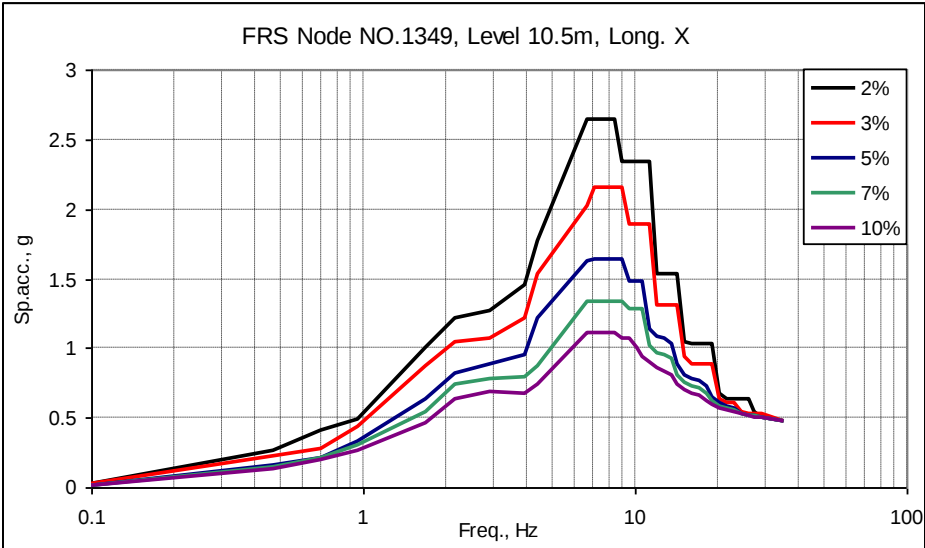


Рисунок А.4

## Лист регистрации изменений

| Инв. № подл. | Подпись и дата | В зам. инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата |
|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
|              |                |               |              |                |

|      |      |          |       |      |                       |      |
|------|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |       |      | AME 1317.09.00.000 PP | Лист |
|      |      |          |       |      |                       | 86   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                       |      |