

**ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

УДК 621.039; 621.311.25; 621.039.566.6

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ ШТАНГИ МАШИНЫ
ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ МПС-В-428 НА ПЕРВОМ БЛОКЕ
ТЯНЬВАНЬСКОЙ АЭС**

© 2022 А.В. Семенцов *, М.И. Малахов **, К.А. Дуваров **

**АО «Атоммашэкспорт», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

***Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция», Волгодонск,
Ростовская обл., Россия*

Статья посвящена проекту модернизированной телевизионной штанги для машины перегрузочной МПС-В-428 первого блока Тяньваньской АЭС. Целью модернизации является снижение экономических издержек на АЭС в период планово-предупредительного ремонта, обусловленных несовершенством существующей конструкции телевизионной штанги машины перегрузочной из-за которых срок простоя блока завышен.

Ключевые слова: ВВЭР, машина перегрузочная, штанга телевизионная, транспортно-технологическое оборудование.

Поступила в редакцию 03.02.2022

После доработки 14.02.2022

Принята к печати 21.02.2022

Введение

Перегрузочные машины энергоблоков АЭС являются основным оборудованием определяющим безопасность при проведении планово-предупредительных ремонтов (ППР) и оказывающих влияние на их длительность. Помимо модернизаций систем управления машин перегрузочных (СУМП), и внедрения в них алгоритмов диагностики, основанных на анализе электрического сигнала датчиков и электроприводов, описанных в статьях [1-3], совершенствование технико-экономических показателей машин перегрузочных возможно путем модернизации механической части их составных частей.

Наиболее простой в реализации является модернизация телевизионной штанги машины перегрузочной, путем замены её на модернизированную. Так как телевизионная штанга является оборудованием, которое монтируется на машину перегрузочную на время проведения ППР, и каждый раз демонтируется с неё по окончании работ, затраты на монтаж модернизированной телевизионной штанги и затраты на демонтаж «старой» штанги будут равны нулю.

Статья предлагает модернизацию телевизионной штанги для машины перегрузочной МПС-В-428 с целью снижения экономических издержек на АЭС в период ППР, обусловленных несовершенством существующей конструкции телевизионной штанги машины перегрузочной из-за которых срок простоя блока завышен.

Машина перегрузочная сейсмостойкая МПС-В-428 входит в состав транспортно-технологического оборудования системы перегрузки ядерного топлива реакторной установки В-428 Тяньваньской АЭС, энергоблоки № 1, 2, Китайская Народная Республика.

Машина обеспечивает выполнение транспортно-технологических операций, связанных с перегрузкой ядерного топлива активной зоны реактора.

Машина также обеспечивает выполнение специальных транспортно-технологических операций:

- подъем упавшей тепловыделяющей сборки (ТВС);
- осмотр наружных поверхностей ТВС и поглощающих стержней системы управления и защиты (ПС СУЗ);
- контроль высотного положения ТВС в реакторе с помощью специальной радиационностойкой телевизионной системы и устройства для контроля уровня установки ТВС;
- осмотр посадочных мест ТВС в реакторе.

Осмотр посадочных гнезд ТВС проводится в случае возникновения внештатных ситуаций в ходе загрузки активной зоны, при которых установка ТВС в гнездо невозможна или затруднена, а также для проведения штатного осмотра гнезд ТВС в период проведения ППР.

Цели работ по осмотру посадочных гнезд:

- выявление или уточнение причин, которые препятствуют установке ТВС в гнездо в ходе загрузки активной зоны, либо при которых установка ТВС невозможна или затруднена;
- визуальный контроль процесса извлечения постороннего объекта из зоны установки ТВС;
- видео и фото отчет о процессе осмотра посадочных гнезд под ТВС и контроля извлечения постороннего объекта;
- осмотр пеналов системы обнаружения дефектныхборок;
- осмотр ячеек стеллажа бассейна выдержки и его дна.

Операция по осмотру посадочных мест под установку ТВС на первом блоке Тяньваньской АЭС осуществляется при помощи устройства для осмотра посадочных мест. Устройство для осмотра посадочных мест представляет собой телескопическую штангу с размещенной на ней телекамерой, устанавливаемую посредством полярного крана в гнездо на тележке машины перегрузочной. Роспуск устройства осуществляется с помощью чалочного устройства полярным краном реакторного отделения. В распушенном состоянии расстояние между посадочным местом ТВС и объективом телекамеры устройства равно 300 мм.

Перемещением моста и тележки устройство наводится на посадочное место ТВС и производится его осмотр.

Для осмотра всех гнезд, устройство перемещается от одного гнезда к другому. При загруженной зоне установка и роспуск устройства осуществляется на координате гнезда, требующего осмотра.

Существующий на первом блоке Тяньваньской АЭС процесс выполнения операции по осмотру посадочных мест ТВС несовершенен, так как применение для осмотра посадочных мест ТВС отдельного устройства, не имеющего привода перемещения, создаёт дополнительный объем работ, которые должен выполнить полярный кран во время ППР.

В современных проектах перегрузочных машин для строящихся энергоблоков АЭС с реакторами ВВЭР операция по осмотру посадочных мест под установку ТВС осуществляется той же телекамерой, которая обеспечивает наблюдение за работой захвата ТВС, извлечением перегружаемых изделий, контролем маркировки ТВС и ПС СУЗ, и которая установлена на телевизионной штанге.

Существующая конструкция телевизионной штанги машины перегрузочной МПС-В-428 не обеспечивает выполнение операции по осмотру посадочных мест ТВС, так как в состоянии, когда телескопическая штанга максимально распушена телекамера

опускается до уровня головок ТВС, при этом расстояние до посадочных мест ТВС остается более 5 м.

Таким образом, создав для машины перегрузочной МПС-В-428 телевизионную штангу, с помощью которой можно будет осматривать посадочные места ТВС, и, отказавшись от использования устройства для осмотра посадочных мест, будет уменьшена загруженность полярного крана в период ППР, и срок простоя энергоблока будет сокращен, тем самым будет получена экономическая выгода.

Цель работы: разработать модернизированную конструкцию телевизионной штанги для машины перегрузочной МПС-В-428, способную обеспечивать выполнение операции по осмотру посадочных мест ТВС в реакторе.

Постановка задачи на проектирование и исходные данные

Технические условия на машину перегрузочную МПС-В-428 предъявляют следующие требования к телевизионной штанге:

- телевизионная штанга должна относиться ко II классу безопасности по НП-001-15, к категории сейсмостойкости I по НП-031-01;
- части телевизионной штанги, работающие в водной среде должны быть изготовлены из стали коррозионностойких марок. Материал должен быть проверен на стойкость к межкристаллитной коррозии;
- телевизионная штанга должна обеспечивать вертикальное перемещение телекамеры массой 56 кг;
- телевизионная штанга должна обеспечивать размещение телекамеры и кабеля СТС.
- максимальная скорость перемещения телекамеры 5,2 м/мин;
- минимальная скорость перемещения телекамеры 0,3 м/мин.

В рамках модернизации целесообразно увеличить максимальную скорость перемещения телевизионной штанги до значения максимальной скорости перемещения рабочей штанги, которая составляет 12,5 м/мин, таким образом, станет возможным эксплуатация рабочей штанги со скоростью перемещения, превышающей 5,2 м/мин.

Масса телевизионной штанги МПС-В-428 составляет 1200 кг. Масса модернизированной телевизионной штанги не должна превышать это значение.

Исходные данные на разработку модернизированной конструкции телевизионной штанги представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные [Input data]

Техническая характеристика	Значение
Минимальная скорость перемещения телекамеры, м/мин	0,3
Максимальная скорость перемещения телекамеры, м/мин	12,5
Масса, кг	≤ 1200
Уровень пола транспортного коридора, м	+ 25,8
Уровень пола центрального зала реакторного отделения, м	+ 34,1
Уровень посадочного гнезда ТВС, м	+15,0
Масса телекамеры, кг	56

Для достижения цели работы нужно решить ряд задач:

- разработать конструкцию штанги телескопической, обеспечивающую расстояние от торца посадочного места ТВС до объектива телекамеры 300 ± 100 мм;
- разработать конструкцию привода подъема телекамеры обеспечивающий требуемые характеристики по грузоподъемности и скорости перемещения.

Результаты проектирования

Для увеличения рабочего хода штанги длина её секций увеличена, при этом для обеспечения технологичности предусмотрено изготовление секций из частей, соединяемыми между собой фланцевыми соединениями.

В процессе разработки конструкции модернизированной телевизионной штанги в среде автоматизированного проектирования была разработана её трехмерная модель, которая показана на рисунке 1.

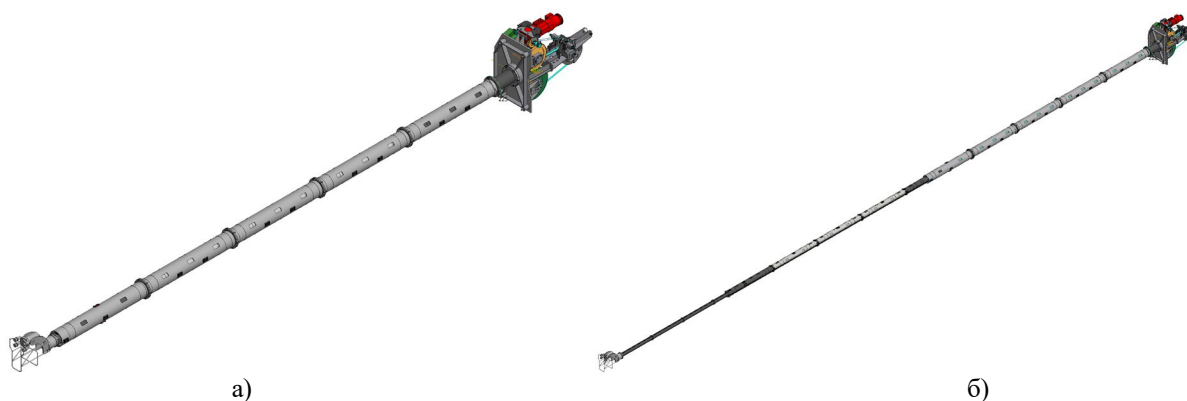


Рисунок 1 – Трехмерная модель модернизированной телевизионной штанги: а) штанга в собранном состоянии; б) штанга в распущенном состоянии [Three-dimensional model of an upgraded TV mast: a) mast in assembled condition; b) mast in unfolded condition]

Штанга рассчитана на нагрузки: нормальные условия эксплуатации (НУЭ) – статическая нагрузка – собственный вес штанги плюс полезная нагрузка (в качестве полезной нагрузки принята масса телекамеры 56 кг); максимальное расчетное землетрясение (МРЗ) и проектное землетрясение (ПЗ) – сейсмическая нагрузка.

Расчет напряжений в опасных сечениях штанги от нагрузок при НУЭ проводится по известным формулам сопротивления материалов [4]. Для получения усилий и моментов, возникающих в секциях штанги при сейсмическом воздействии, был использован метод конечных элементов, реализованный в программе ANSYS. Конечно-элементная модель представлена на рисунке 2. Она построена на основе трехмерных моделей, сделанных по чертежам из комплекта рабочей конструкторской документации на машину перегрузочную МПС-В-428. Выбор и оптимизация параметров конечно-элементной модели, в том числе достаточность густоты конечно-элементной сетки выполнялся по результатам предварительных расчетов. Сетка генерировалась автоматически, и затем определялись оптимальные размеры сетки путем кратного увеличения количества конечных элементов. Конечным вариантом разбиения была выбрана модель, увеличение числа элементов которой дало изменение результатов вычислений не более чем на 3 %.

Колеса моста и тележки заданы балочными элементами условно большой жесткости (передатчиками сил).

Масса металлоконструкции моста, тележки, штанги рабочей и телевизионной, блока механизмов задана распределенной и описана приведенной плотностью металла, в которой учитываются распределенные по металлоконструкции элементы (токоподводы, зубчатые рейки, наплавленный металл, крепежные изделия). Массы приводов описываются сосредоточенными массовыми элементами.

Граничные условия при расчете на сейсмические воздействия:

- запрещение перемещений по Y узлов опирания всех колес моста о рельсовый путь;

- запрещение перемещений по X узлов опирания направляющих роликов моста о рельсовый путь;
- запрещение перемещений по Z узлов опирания фиксаторов антисейсмических;
- возле каждого колеса тележки и моста расположен антисейсмический зацеп препятствующий отрыву колеса от рельса, описание граничных условий на зацепы отдельно не задано.

Для определения действующих усилий в конструкции при МРЗ и ПЗ используется линейно-спектральный метод. Расчет собственных частот выполнен в программе ANSYS. Расчет напряженно деформированного состояния при сейсмическом воздействии проведен по спектрам ответа. Учитывая, что все точки возбуждения находятся на отметке 34,1 м, для расчета использовался метод однофакторного спектрального анализа. Сейсмические воздействия взяты в соответствии с данными, приведенными в технических условиях на машину перегрузочную, и представлены в виде спектров ответа.

Так как принятые для расчёта спектры ответа ПЗ и МРЗ различаются только амплитудами, оценка напряжённого состояния конструкции машины для режима НУЭ+ПЗ не рассматривается ([5], п. 5.11.2.7).

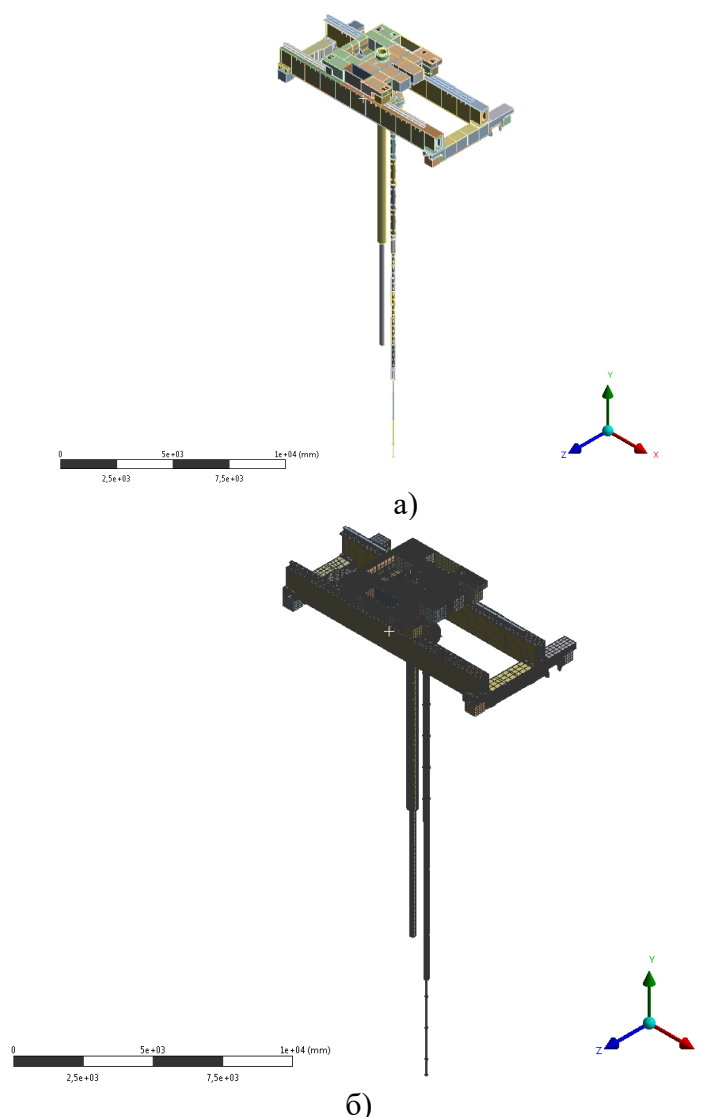


Рисунок 2 – Конечно-элементная модель машины МПС-В-428 с модернизированной телевизионной штангой: а) сетка конечных элементов не показана; б) показана сетка конечных элементов [Finite element model of MPS-V-428 with upgraded TV mast: a) finite element mesh is not shown; b) finite element mesh is shown]

Для расчета болтовых соединений секций были найдены внутренние силовые факторы, возникающих в секциях штанги при нормальной эксплуатации и при сейсмическом воздействии.

На рисунке 3 показана эпюра распределения растягивающего усилия по оси штанги при НУЭ.

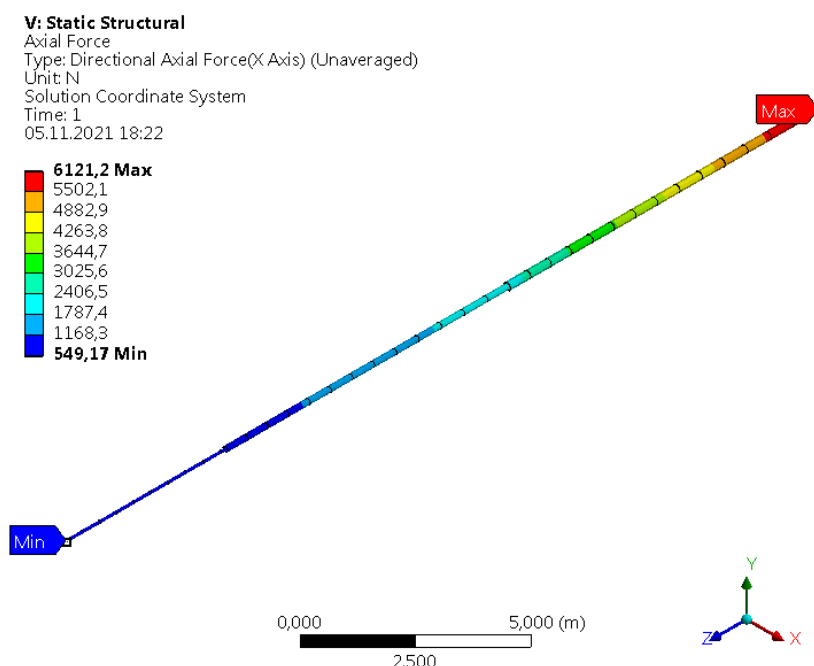


Рисунок 3 – Эпюра распределения растягивающего усилия по оси штанги при НУЭ [Tensile force distribution diagram along the mast axis under normal operating conditions]

На рисунке 4 показана эпюра распределения нормальных напряжений в штанге при НУЭ.

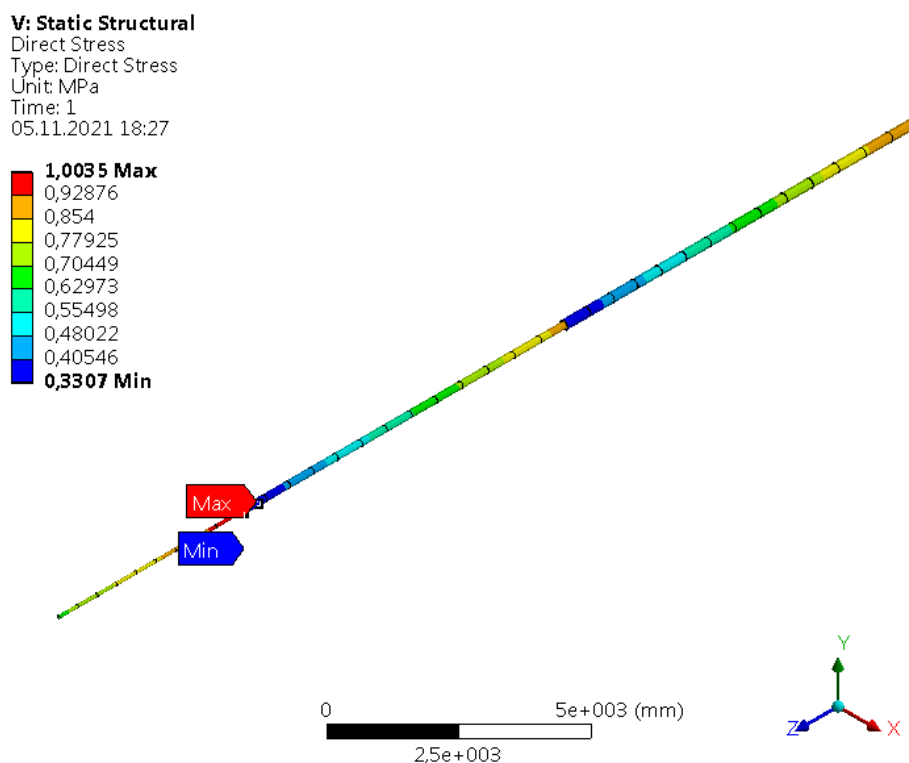


Рисунок 4 – Эпюра распределения растягивающего усилия по оси штанги при НУЭ [Tensile force distribution diagram along the boom axis under normal operating conditions]

На рисунке 5 показана эпюра распределения суммарных по осям абсцисс и ординат изгибающих моментов в режиме НУЭ + МРЗ.

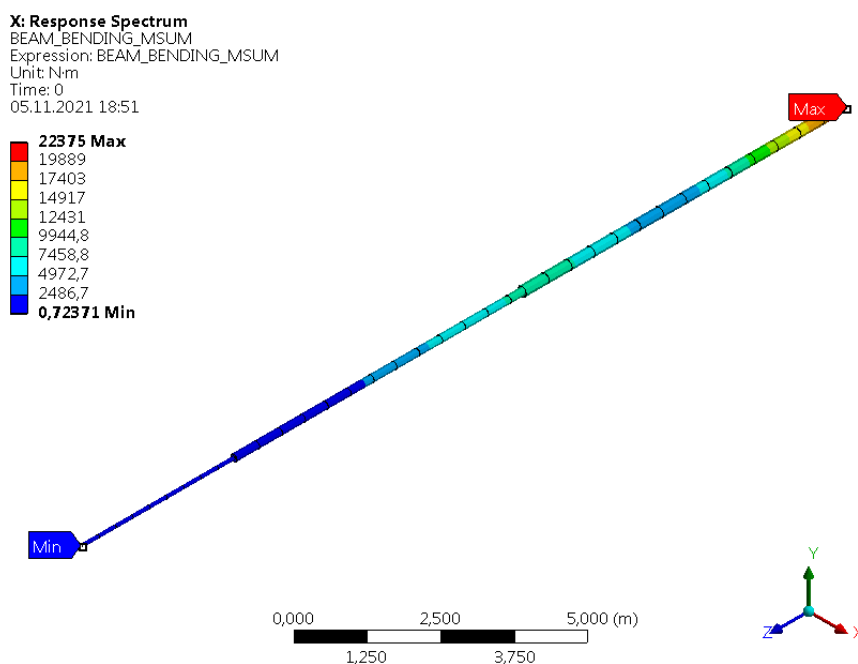


Рисунок 5 – Эпюра распределения изгибающих моментов в штанге при НУЭ + МРЗ [Bending moment distribution diagram in the boom under normal operating conditions + maximum design earthquake]

Для модернизированной телевизионной штанги разработана новая конструкция привода подъема телекамеры, в которой реализован принцип резервирования. Расчеты узлов привода были проведены в соответствии с методиками, изложенными в справочной литературе [6-9]. В приводе использован цилиндро-червячный мотор-редуктор фирмы Seweurodrive, в конструкции которого есть встроенное тормозное устройство и энкодер. Кроме того, на выходном валу мотор-редуктора дополнительно установлены два энкодера. Информация о положении секций телевизионной штанги от энкодеров передается в систему управления машиной перегрузочной.

Для информирования СУМП о достижении крайнего верхнего положения штанги использованы три концевых выключателя, на которые воздействует верхний фланец средней секции штанги через нажиматель. В качестве сигнала о достижении крайнего нижнего положения штанги используется усилие натяжения канатов, которое измеряется тензодатчиками, установленными в осях канатных блоков.

Внутренняя секция штанги с установленной на ней телекамерой перемещается двумя канатами, наматываемыми на два канатных барабана. Каждый из канатов имеет грузоподъемность, достаточную для завершения выполняемой штангой операции в случае обрыва другого каната.

Телевизионная штанга имеет два тормозных устройства. Одно из них встроено в цилиндро-червячный мотор-редуктор привода подъема телекамеры. Другое – установлено на валу канатных барабанов. Тормозные устройства обеспечивают неподвижность секций штанги в случае потери электропитания.

Из конструкции штанги исключена каретка. Вместо неё используется пружинный кабельный барабан, которым обеспечивается автоматическая подмотка ТВ-кабеля при подъеме телекамеры.

Кинематическая схема разработанного привода подъема телекамеры представлена на рисунке 6. Схема запасовки каната показана на рисунке 7.

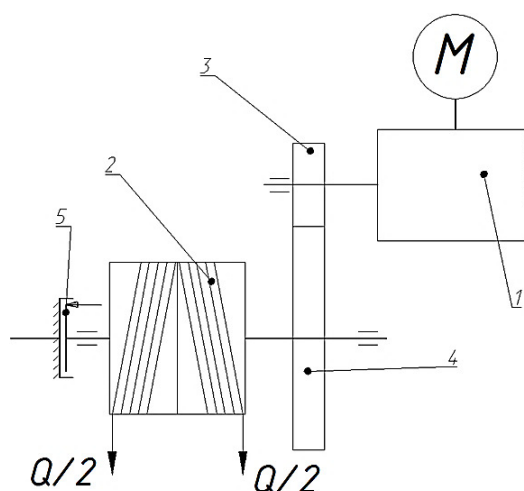


Рисунок 6 – Кинематическая схема привода подъема телекамеры модернизированной ТВШ:
1 – цилиндро-червячный мотор-редуктор; 2 – барабан; 3 – шестерня; 4 – зубчатое колесо; 5 – тормозное устройство [Kinematic diagram of the lift drive for an upgraded TVSH: 1 - helical-worm gearmotor; 2 - drum; 3 - gear; 4 - gear wheel; 5 - braking device]

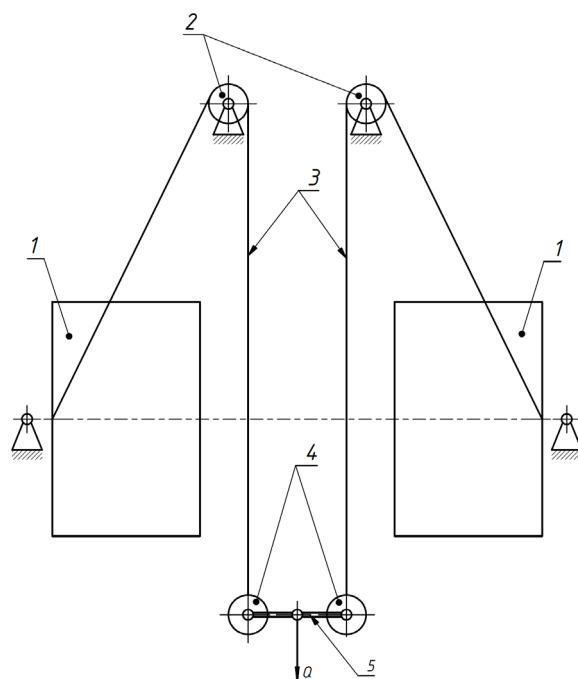


Рисунок 7 – Схема запасовки каната привода подъема телекамеры: 1 – барабан; 2 – блок; 3 – канат; 4 – коуш; 5 – балансир [The wire rope of the mast lifting drive: 1 - drum; 2 - block; 3 - rope; 4 - shackle; 5 - balancer]

Для оценки экономической эффективности модернизации была проведен расчет стоимости разработки и изготовления модернизированной телевизионной штанги по методике, изложенной в справочнике [10]. Для оценки прибыли от сокращения сроков планово-предупредительных ремонтов при эксплуатации модернизированной штанги были использованы данные о продолжительности транспортно-технологических операций на энергоблоке АЭС с ВВЭР-1000 во время ППР. Надежность штанги была оценена путем сравнения показателей надежности, рассчитанных по методикам из справочников [11-13] с требуемыми, в соответствии с конструкторской документацией на машину перегрузочную, показателями.

Заключение

В результате работы была разработана модернизированная конструкция телевизионной штанги, соответствующая требованиям проектно-конструкторской

документации к составным частям машины перегрузочной МПС-В-428. Характеристики штанги обеспечивают возможность выполнения операции по осмотру посадочных мест ТВС. При эксплуатации модернизированной штанги срок планово-предупредительного ремонта может быть сокращен на 9 часов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Проданчук, А.В.* Особенности системы управления процессом подъема с помощью АГЗУ упавших расположенных вертикально кассет в реакторе типа ВВЭР / А.В. Проданчук, П.Д. Кравченко // Современные материалы, техника и технологии. – 2017. – № 1(9). – С. 168-173.
2. *Лапкис, А.А.* Виброакустическая паспортизация режимов работы машин перегрузочных энергоблоков ВВЭР / А.А. Лапкис, В.Н. Никифоров, Л.А. Первушин // Глобальная ядерная безопасность. – 2018. – № 2(27). – С. 82-90.
3. *Якубенко, И.А.* Модернизация системы управления перегрузкой ядерного топлива на энергоблоке №1 Ростовской АЭС / И.А. Якубенко // Глобальная ядерная безопасность. – 2013. – № 4(9). – С. 35-39.
4. *Писаренко, Г.С.* Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко. – Киев : Наукова думка 1988. – 736 с.
5. ПНАЭ Г-7-002-86 Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок // Госатомэнергонадзор. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 525 с.
6. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций / Справочник по кранам: в 2 т. Т. 1 // В.И. Брауде, М.М. Гохберг, И.Е. Звягин и др.; под общ. ред. М.М. Гохберга. – Москва : Машиностроение, 1988, – 536 с.
7. *Решетов, Д.Н.* Детали машин / Д. Н. Решетов. – Москва : Машиностроение, 1989. – 496 с.
8. *Дунаев, П.Ф.* Конструирование узлов и деталей машин / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – Москва : Академия, 2004. – 496 с.
9. НП-043-18 Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов [Электронный ресурс] // Информационные материалы ФБУ «НТЦ ЯРБ». – URL : <https://docs.secnrs.ru/documents/nps/%D0%9D%D0%9F-043-18/%D0%9D%D0%9F-043-18.pdf/> (дата обращения: 03.01.2022).
10. *Лякишев, А.Г.* Техническая подготовка производства изделия / А.Г. Лякишев. – Орел, 2006. – 70 с.
11. *Шишмарёв, В.Ю.* Надежность технических систем / В. Ю. Шишмарёв. – Москва : Юрайт, 2018. – 290 с.
12. РТМ 95 823-81 Надежность оборудования реакторных установок АЭС. Методика расчета [Электронный ресурс] // twirpx.com. – Электронная библиотека. – URL : <https://www.twirpx.org/file/2252679/> (дата обращения: 02.12.2021).
13. Надежность машин. Т. IV-3 / Раздел IV. Расчет и конструирование машин / Машиностроение. Энциклопедия в сорока томах / В.В. Клюев, В.В. Болотин, Ф.Р. Соснин [и др.]; под общ. ред. В.В. Клюева. – Москва : Машиностроение, 2003. – 592 с.

REFERENCES

- [1] Prodanchuk A.V. Kravchenko P.D. Osobennosti sistemy upravleniya processom pod"ema s pomoshch'yu AGZU upavshih raspolozhennyh vertikal'no kasset v reaktore tipa VVER [Features of the Control System for the Lifting Process of Vertically Fallen Fuel Assemblies in a WVER-Type Reactor Using AGZU]. Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologii [Modern Materials, Equipment and Technologies.]. 2017. № 1(9). P. 168-173 (in Russian).
- [2] Lapkis A.A., Nikiforov V.N. Vibroakusticheskaya pasportizatsiya rezhimov raboty mashin peregruzochnykh energoblokov VVER [Vibroacoustic Certification of Operating Modes of Machines for Reloading Power Units of WVER]. Global'naya yadernaya bezopasnost' [Global Nuclear Safety]. 2018. № 2(27). P. 82-90 (in Russian).
- [3] Yakubenko I.A. Modernizatsiya sistemy upravleniya peregruzkoy yadernogo topliva na energobloke №1 Rostovskoy AES [Modernization of the Nuclear Fuel Reloading Control System at Power Unit No. 1 of the Rostov NPP]. Global'naya yadernaya bezopasnost' [Global Nuclear Safety]. 2013. № 4(9). P. 35-39 (in Russian).
- [4] Pisarenko G.S. Spravochnik po soprotivleniyu materialov [Handbook on the Strength of Materials]. Kiev: Naukova Dumka 1988. 736 p. (in Russian).
- [5] PNAE G-7-002-86 Normy rascheta na prochnost' oborudovaniya i truboprovodov atomnykh energeticheskikh ustanovok k po soprotivleniyu materialov [PNAE G-7-002-86 Strength Calculation

- Standards for Equipment and Pipelines of Nuclear Power Units]. Gosatomenergondzor. – Moskva: Energoatomizdat [Moscow: Energoatomizdat], 1989. – 525 p. (in Russian).
- [6] Harakteristiki materialov i nagruzok. Osnovy rascheta kranov, ih privodov i metallicheskih konstrukcij [Characteristics of Materials and Loads. Fundamentals of Calculation of Cranes, their Drives and Metal Structures] / [Spravochnik po kranam: v 2 t. T. 1] Handbook of Cranes: V 2 t, T. 1. Edited by M. M. Gokhberg. Moskva: Mashinostroenie [Moscow: Mechanical Engineering], 1988. 536 p. (in Russian).
- [7] Reshetov D. N. Detali mashin [Machine Parts]. Moskva: Mashinostroenie [Moscow: Mechanical Engineering], 1989. 496 p. (in Russian).
- [8] Dunaev P.F., Lelikov O.P. Konstruirovaniye uzlov i detalej mashin [Design of Components and Parts of Machines]. Moskva: Akademiya [Moscow: Academy], 2004. 496 p. (in Russian).
- [9] NP-043-18 Pravila ustrojstva i bezopasnoj ekspluatatsii gruzopod'emnyh kranov [NP-043-18 Rules of Design and Safe Operation of Cranes]. Informacionnye materialy FBU «NTC YARB» [Information materials of the STC YARB]. URL: <https://docs.secns.ru/documents/nps/%D0%9D%D0%9F-043-18/%D0%9D%D0%9F-043-18.pdf/> (reference date:: 03.01.2022) (in Russian).
- [10] Lyakishev A.G. Tekhnicheskaya podgotovka proizvodstva izdeliya [Technical Preparation of Production]. Orel, 2006. 70 p. (in Russian).
- [11] Shishmarev, V.Yu. Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem [Reliability of Technical Systems]. Moskva: YUrajt [Moscow: Yurayt Publishing House], 2018. 290 p. (in Russian).
- [12] RTM 95 823-81 Nadezhnost' oborudovaniya reaktornyh ustanovok AES. Metodika rascheta [RTM 95 823-81. Reliability of Equipment of Nuclear Power Plant Reactors. Method of Calculation] URL: <https://www.twirpx.org/file/2252679/> (reference date: 02.12.2021) (in Russian).
- [13] Nadezhnost' mashin. T. IV-3 / Razdel IV. Raschet i konstruirovaniye mashin [Machine Reliability. Vol. IV-3 / Section IV. Calculation and Design of Machines] /Nadezhnost' mashin. T. IV-3 / Razdel IV. Raschet i konstruirovaniye mashin [Mechanical Engineering. Encyclopaedia in 40 volumes] / edited by Klyuev V.V. Moskva: Mashinostroenie [Moscow: Mechanical Engineering], 2003. 592 p. (in Russian).

Modernization of TV-Mast of MPS-V-428 Refueling Machine at the Tianwan NPP First Unit

A.V. Sementsov^{*1}, M.I. Malakhov^{**2}, K.A. Duvarov^{**3}

^{*}JSC «Atommasheksport», Karl Marx Avenue, 44, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360

^{**}Rostov nuclear power plant, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360

¹ORCID iD: 0000-0002-0445-5665

WoS Researcher ID: AAG-2048-2022

e-mail: sementsov.atomexp@yandex.ru

²ORCID iD: 0000-0003-2663-643X

WoS Researcher ID: AAF-3914-2022

e-mail: mimalakhov@mephi.ru

³ORCID iD: 0000-0002-4491-2752

WoS Researcher ID: AAF-3798-2022

e-mail: kduvarov@gmail.com

Abstract – The article is devoted to the project of the modernized television mast of the refueling machine MPS-V-428 of the Tianwan NPP first unit. The goal of the modernization is to reduce the economic costs at the NPP during the scheduled preventive maintenance due to the imperfection of the existing design of the refueling machine TV-mast due to which the unit downtime is overestimated.

Keywords: WWER, refueling machine, television mast, transport and technological equipment.