

УДК 658.5.011, 658.58

**Мария Михайловна Волос**

Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования «Техническая академия Росатома», кандидат экономических наук, ведущий эксперт отдела организации эксплуатации АЭС, Россия, Обнинск, e-mail: MMOsetskaya@rosatomtech.ru, mmary@rambler.ru

## **Повышение точности анализа работы атомных станций на основе методики расчета стоимости технического обслуживания и ремонта**

### **Авторское резюме**

**Состояние вопроса.** Современные методы формирования операционной (эксплуатационной и ремонтной) составляющей себестоимости электроэнергии атомных станций представляют собой разрозненные методики расчета расходов на материалы, заработную плату персонала, амортизацию машин и оборудования, накладных расходов и других. Расходы на техническое обслуживание и ремонт составляют примерно 20 % стоимости электроэнергии и, как правило, принимаются в долях (процентах) от амортизационных отчислений, что приводит к существенному отклонению фактических расходов от плановых, затрудняя планирование ресурсов. В связи с этим возникает необходимость разработки комплексной методики расчета стоимости технического обслуживания и ремонта атомных станций.

**Материалы и методы.** Исследование опирается на разработки отечественных и зарубежных ученых в области планирования и управления предприятием и отраслью, опубликованные в научных периодических изданиях и в сети Интернет. Используются методы аналитического, логического и технико-экономического анализа.

**Результаты.** Предпринята попытка систематизации отраслевого организационно-методического обеспечения ремонта, по результатам которой разработана методика расчета стоимости технического обслуживания и ремонта, позволяющая учитывать специфику планирования, подготовки, организации и производства ремонтных работ на атомных станциях: нормирования затрат труда, затрат на оборудование и материалы; формирования расходов на оплату труда ремонтного персонала, включая установление надбавок, доплат и премий за выполнение работ в сложных условиях (повышенная / пониженная температура, стесненные условия, на высоте, в специальной одежде и с применением средств индивидуальной защиты и т.п.), в условиях действия ионизирующих излучений. Приведен способ расчета каждой составляющей стоимости технического обслуживания и ремонта атомных станций, включая особенности расчета при выполнении работ хозяйственным и подрядным способами.

**Выводы.** Разработанная методика обеспечивает повышение точности расчета стоимости технического обслуживания и ремонта атомных станций, обуславливая своевременность и полноту планирования ресурсообеспеченности, что приводит к увеличению экономической эффективности атомных станций и повышению ее конкурентоспособности на отечественном и мировом рынках ядерных технологий.

**Ключевые слова:** производственная себестоимость технического обслуживания и ремонта, эксплуатация атомных станций, нормирование трудозатрат, планирование ресурсов, экономическая эффективность

**Maria Mikhailovna Volos**

Rosatom Technical Academy, PhD in Economics, Lead Expert of NPP Operation Organization Department, Russia, Obninsk, e-mail: MMOsetskaya@rosatomtech.ru, mmary@rambler.ru

## **Improving the accuracy of analyzing nuclear power plants operation based on calculation technique of maintenance and repair cost**

### **Abstract**

**Background.** Modern methods to calculate the operating (operational, maintenance and repair) component of the cost of electricity for nuclear power plants (NPPs) include the number of disparate techniques calculating the cost of materials, labor costs, machinery and equipment depreciation and amortization, overhead costs, and others. Maintenance and repair expenses (MRO) amount to approximately 20 % of the electricity

cost. As a rule, they are calculated in fractions (percent) of amortization expenses. Subsequently it leads to a significant deviation of actual costs from the planned ones, making resource planning more difficult. Thus, the development of unified calculation technique of NPP MRO cost is a highly topical issue.

**Materials and methods.** The study is based on Russian and foreign research in the field of enterprise and industry planning and management, published in scientific periodical publications and Internet. Analytical, logical, and engineering-economic analysis are applied.

**Results.** This paper represents an attempt to systematize the organizational and methodological support of MRO implemented at Russian NPPs. The result of the study is the development of MRO cost calculation technique which considers the peculiarities of planning, preparation, arrangement and carrying out of NPP repair work. The technique counts rationing of labor, equipment, and materials costs; calculation of repair personnel wage including the allowances, surcharges, and bonuses for work in severe environment (high / low temperature, restricted conditions, work at height, in special clothing and with the use of personal protective equipment, etc.), in ionizing radiation environment. The method to calculate each component of the NPP MRO cost considering the fact by whom repair works are carried out (NPP staff or contractors) is given.

**Conclusions.** The developed technique provides an increase of the accuracy of calculating the NPP MRO cost causing the timeliness and resource availability planning. It leads to NPP economic efficiency in the domestic and global nuclear technology market.

**Key words:** production cost of maintenance and repair, operation of nuclear power plants, rationing of labor costs, resource planning, economic efficiency

**DOI:** 10.17588/2072-2672.2021.4.025-037

**Введение.** Процесс технического обслуживания и ремонта (ТОиР) атомных станций (АС) является подпроцессом эксплуатации АС, реализация которого направлена на поддержание в работоспособном состоянии объектов станции – систем, оборудования, зданий и сооружений и т.п. АО «Концерн Росэнергоатом» регламентирует планирование, подготовку, организацию, выполнение, контроль качества и оценку эффективности ТОиР стандартом организации «Организация технического обслуживания и ремонта систем и оборудования атомных станций», где отмечено, что основной целью ТОиР является «обеспечение безопасной и надежной эксплуатации АС экономически эффективным и экологически приемлемым способом при безусловном приоритете обеспечения безопасности»<sup>1</sup>. Показатели обеспеченности ресурсами, наличия неснижаемых запасов и комплектования централизованных резервов относятся к ключевым показателям эффективности (КПЭ) ТОиР, насчитывающим 27 контролируемых направлений и отслеживаемым ежемесячно по каждой станции.

Ввиду конкурирования ядерной энергетики с другими видами генерации энергии на отечественном и мировом рынках электроэнергетики возникает необходимость

максимально точной оценки операционных расходов, которые включают, в том числе, расходы на ТОиР. Операционные расходы формируют нормированную стоимость электроэнергии (Levelized Cost of Electricity, LCOE), следовательно, их сокращение обуславливает повышение конкурентоспособности АС [1, 2].

Повышение точности планирования стоимости ТОиР позволяет лучше подготовиться к ремонтной кампании, что снижает вероятность перепростоев в ремонте из-за недостаточности ресурсообеспеченности и, как следствие, повышает экономическую эффективность процесса ТОиР. Продолжительность простоя в ремонте, являясь одним из критериев качества ремонта<sup>2</sup> напрямую влияет на коэффициент готовности АС, который также относится к ключевым показателям эффективности деятельности АС.

Несмотря на многочисленные работы в области экономики атомной энергетики, исследования, посвященные экономике ремонта, преимущественно ориентированы на оптимизацию ремонтных стратегий [3–8] и в ряде случаев на оценку эффективности ремонтных кампаний [9] или аутсорсинга ремонтных услуг [10], обходя вниманием формирование себестоимости и стоимости ТОиР. Главным образом, при расчете удельной себестоимости электроэнергии

$\left( \frac{\text{руб.}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}} \right)$  расходы на ТОиР принимаются в

<sup>1</sup> СТО 1.1.1.01.0069-2019. Организация технического обслуживания и ремонта систем и оборудования атомных станций. URL: <https://gisprofi.com/gd/documents/sto-1-1-1-01-002-0069-2019-standart-organizatsii-organizatsiya.html> (дата обращения: апрель 2021).

<sup>2</sup> Там же.

некоторой доле (например, 15 %) от амортизационных отчислений [11], что представляет собой приблизительную величину.

**Методы исследования.** Несомненно, в отрасли разработаны нормативные документы, охватывающие вопросы нормирования затрат труда, затрат на оборудование и материально-технические ценности в соответствии с отраслевыми элементными сметными нормами<sup>3</sup>; планирования затрат по услугам производственного характера; формирования страхового, оперативного и неснижаемого запаса оборудования, запасных частей, инструментов и приспособлений (ЗИП)<sup>4</sup>, ремонтного обменного фонда и технологического резерва<sup>5</sup> [12]; определения минимально необходимой численности ремонтного персонала и др. Разрозненность методического обеспечения учета расходов затрудняет процесс планирования, контроля и оценки эффективности ТОиР.

Ниже предпринята попытка систематизации организационно-методического обеспечения ремонта, результатом которой является методика расчета стоимости ТОиР АС. Предлагаемая методика, целью которой является повышение точности планирования расходов на ТОиР, позволяет учитывать особенности ремонтных работ на АС. При этом возрастание точности расчета обуславливает увеличение экономической эффективности процесса ТОиР и деятельности АС в целом для достижения заявленной цели ТОиР.

**Результаты исследования.** Себестоимость ТОиР АС условно можно разделить на производственную и полную.

<sup>3</sup> Методические указания по применению «Типовых отраслевых норм времени, элементных сметных норм на работы по техническому обслуживанию, ремонту и наладке систем и оборудования атомных станций (ОЭСН-2014)» при калькулировании затрат и сметных расчетах. URL: <http://shop.tcinti.ru/Catalog/DocInfo/886541> (дата обращения: апрель 2021).

<sup>4</sup> РД ЭО 1.1.2.01.0075-2015 Страховой запас оборудования, узлов и запасных частей для проведения неплановых ремонтных работ на атомных станциях. Положение. [Safety stock of equipment, assemblies and spare parts for unscheduled repair work at NPP. Provision] URL: <https://docs.cntd.ru/document/437257370> (дата обращения: апрель 2021).

<sup>5</sup> РД ЭО 1.1.2.01.0623-2015. Ремонтный обменный фонд оборудования, узлов и запасных частей. URL: <https://promarket.shop/rd-eo-1-1-2-01-0623-2015-rukovodyashchiiy-dokument-ekspluatiruyushchey-organizatsii-remontnyy-obmennyy-fond-oborudovaniya-uzlov-i-zapasnykh-chastey-polozhenie-utverzhdennoy-prikazom-oao-kontsern-rosenergoatom-ot-29-10-2015-9-1205-p/> (дата обращения: апрель 2021)

Производственная себестоимость включает расходы, связанные только с непосредственным производством ремонтных работ. Расчет производственной себестоимости осуществляется при выполнении ремонтных работ преимущественно собственным ремонтным персоналом АС (хозяйственным способом). Полная себестоимость состоит из производственной себестоимости и внепроизводственных расходов. Расчет полной себестоимости, главным образом, производится при выполнении ремонтных работ подрядным способом. Подрядчиками дополнительно учитывается также норма прибыли, устанавливаемая в процентах к производственной себестоимости ремонтных работ за вычетом материальных затрат.

Производственная себестоимость ТОиР рассчитывается по формуле

$$C_{MRO} = C_{SPTA,M} + C_w K_1 K_2 K_3 + C_{IPP} + C_e + C_{oh},$$

где  $C_{SPTA,M}$  – материальные затраты за вычетом возвратных отходов;  $C_w$  – заработная плата основных производственных рабочих;  $K_1$  – коэффициенты усложняющих условий;  $K_2$  – коэффициент дополнительных работ;  $K_3$  – коэффициент районный за работы в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях;  $C_{IPP}$  – страховые взносы на заработную плату;  $C_e$  – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования;  $C_{oh}$  – накладные расходы, которые состоят из общецеховых расходов  $C_d$  и общестанционных расходов  $C_c$ , т.е.  $C_{oh} = C_d + C_c$ .

*Первая составляющая* производственной себестоимости ТОиР  $C_{SPTA,M}$  – материальные затраты – представляет собой комплексную величину, которая включает расходы на используемые при ремонте систем и оборудования сырье, материалы, комплектующие и запасные части (рис. 1). Номенклатура материалов и запасных частей уточняется по технологическому процессу, проекту производства работ или по факту использования материалов.

*Приобретение* материалов и запасных частей осуществляется на конкурсной основе. Материалы и запасные части, приобретаемые заказчиком (АС), включаются в сметы с указанием их номенклатуры и количества, а приобретаемые подрядчиком – с указанием номенклатуры, количества и стоимости с учетом транспортно-заготовительных расходов.

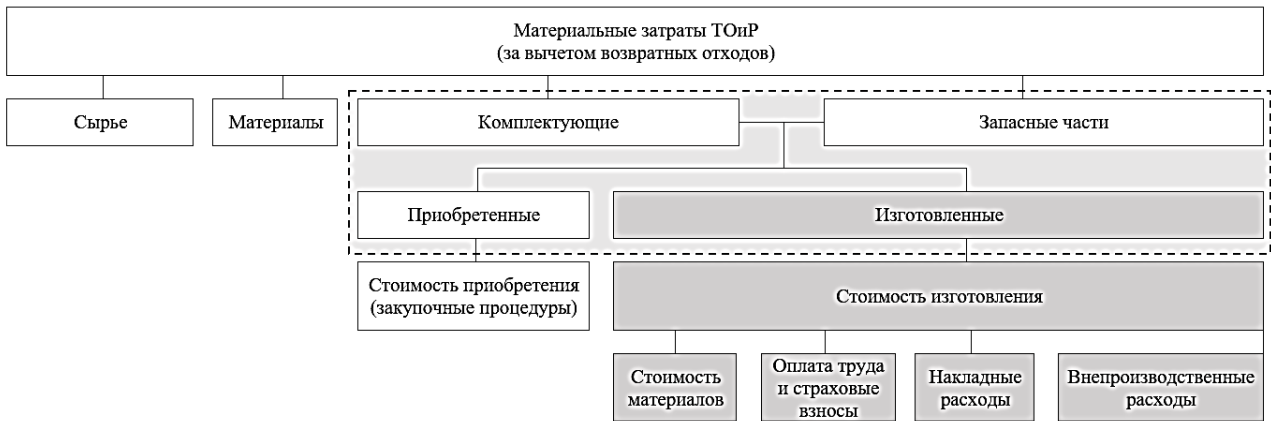


Рис. 1. Структура материальных затрат ТОиР АС

*Расходы на изготовление запасных частей* также являются комплексной величиной и состоят из расходов: 1) на материалы; 2) на оплату труда и страховых взносов; 3) накладных; 4) внепроизводственных.

*Расходы на материалы*, как и в случае с их приобретением на конкурсной основе, определяются по технически обоснованным нормам расхода в натуральных показателях (шт., кг, м, м<sup>2</sup>, м<sup>3</sup> и т.д.) и их стоимости. Техническое обоснование норм расхода осуществляется расчетно-аналитическим путем по действующим на АС методикам (рис. 2), разработка которых, несомненно, является интересной научной задачей, не включенной, однако, в область данного исследования.

В расходы на материалы входят также транспортно-заготовительные расходы, включая:

- наценки, уплаченные снабженческо-сбытовым организациям;
- провозная плата со всеми дополнительными сборами;
- расходы на разгрузку и доставку материалов на склады предприятия (за ис-

ключением оплаты труда постоянных складских рабочих);

- расходы на командировки, связанные с непосредственной заготовкой материалов и доставкой их на склады предприятия с мест заготовок (командировочные расходы шоферов и грузчиков данного предприятия при доставке грузов от поставщиков и др.);

- сумму потерь сырья и материалов в пути в пределах норм естественной убыли.

Отметим, что из стоимости материалов вычитаются возвратные отходы (например, черных и цветных металлов), которые оцениваются:

- по пониженной цене исходных материалов (если отходы могут быть использованы для ремонтного производства);
- установленным ценам на отходы за вычетом расходов на их сбор и обработку (когда отходы, обрезки, стружка и др. сдаются на сторону);
- полной цене исходных материалов (если отходы реализуются на сторону для использования в качестве полноценного (полноценного) материала).

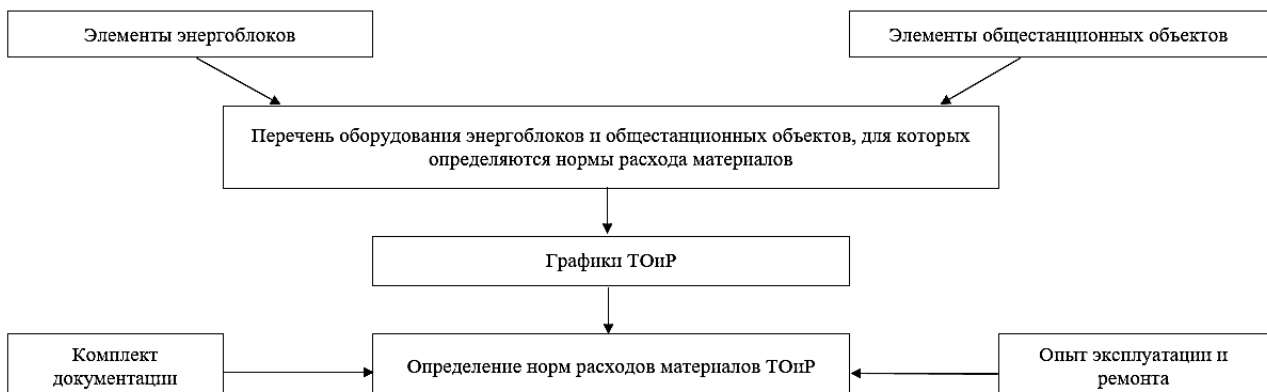


Рис. 2. Алгоритм определения норм расходов материалов ТОиР

Начисление заработной платы и страховых взносов осуществляется по общему порядку, который рассмотрен ниже.

Накладные расходы определяются в процентном отношении к основной заработной плате производственных рабочих без учета доплат за тяжелую работу, работу во вредных и (или) опасных условиях труда по принятой ставке на текущий период. Расчет накладных расходов приведен ниже.

Внепроизводственные расходы включают расходы на сбыт. Порядок их расчета также рассмотрен ниже.

Вторая составляющая производственной себестоимости ТООР  $C_w$  – заработная плата основных производственных рабочих – состоит из основной, дополнительной и компенсационных выплат за выполнение работ в тяжелых, вредных и (или) опасных условиях труда (рис. 3).

Основная заработная плата состоит из тарифной и переменной частей.

Тарифная часть определяется на основании норм затрат труда (чел.-ч), среднего разряда работ и часовой тарифной ставки. Часовая тарифная ставка определяется путем деления должностного оклада на среднемесячную норму рабочего времени по типу рабочей недели.

Должностной оклад представляет собой фиксированный размер оплаты труда за выполнение должностных обязанностей определенной сложности (квалификации)

за календарный месяц в соответствии с грейдом и внутрирейдовой зоной без учета интегрированной стимулирующей надбавки и иных компенсационных, стимулирующих и социальных выплат. Минимальная часть оклада за час работы основных производственных рабочих соответствующих грейдов (разрядов) рассчитывается на основе месячного оклада 18 грейда внутрирейдовой зоны С. Максимальная часть оклада рассчитывается на основе месячного оклада 11 грейда внутрирейдовой зоны А.

В Единой отраслевой системе оплаты труда Госкорпорации «Росатом» предусмотрено 18 грейдов: самый высокий первый грейд соответствует уровню генерального директора Госкорпорации «Росатом». Внутри грейдов должности распределяются по зонам (А, В и С), исходя из приоритетности (критичности) подразделений или должностей (профессий) в организации.

Условным делением может служить следующее:

А (administrative, management) – административно-управленческий персонал;

В (business) – основной производственный персонал, например оперативный;

С (common staff) – вспомогательный персонал, осуществляющий функции поддержки основной деятельности.



Рис. 3. Структура заработной платы ремонтного персонала АС

Грейды рабочих профессий устанавливаются в соответствии с Единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих: от 18 грейда, которому соответствуют рабочие 1 разряда, до 11 грейда, которому соответствуют рабочие 8 разряда. Остальные должности оцениваются специальной Экспертной комиссией. Основанием для оценки должности является должностная инструкция и другие документы, определяющие содержание работы.

Нормирование труда осуществляется преимущественно расчетно-аналитическим путем по действующим отраслевым методикам, разработка которых представляет собой отдельную тему для обсуждения.

Ввиду ввода в эксплуатацию энергоблоков (Нововоронежская АЭС, Ленинградская АЭС), необходимо осуществлять нормирование трудозатрат с учетом специфики этих проектов. Работы в этом направлении включены в комплексный план мероприятий по достижению проектных сроков ремонта энергоблоков ВВЭР-1200.

Нормы затрат труда приводятся в сборниках ОЭСН. Если нормирование ремонтных работ осуществляется по разным сборникам, то в смете приводят промежуточные итоги по тарифной части по каждому из сборников.

Переменная часть определяется в процентах к тарифной части и включает интегрированную стимулирующую надбавку (ИСН), переменную интегрированную стимулирующую надбавку, связанную с особенностями производства (ИСН2), премию за выполнение особо важных заданий (ОВЗ) и вознаграждение за год по результатам достижения КПЭ. Величина процента к тарифной части определяется ежегодно на основании управленческой отчетности и включается в состав планово-экономических показателей АО «Концерн Росэнергоатом».

Дополнительная заработная плата определяется в процентах к основной и компенсационным выплатам и состоит: из оплаты очередного и дополнительного отпуска, предусмотренных законодательством; оплаты первых трех дней нетрудоспособности за счет предприятия; оплаты учебных отпусков; исполнения государственных обязанностей; оплаты льготных часов подростков и кормящих матерей, донорских дней; оплаты руководства бригадой; надбавки за работу со сведениями, составляющими государственную тайну; до-

платы за профессиональное наставничество и другие доплаты и надбавки, предусмотренные законодательством и локальными нормативными актами АО «Концерн Росэнергоатом». Однако в состав дополнительной заработной платы не включаются: оплата сверхурочной работы; оплата работы в выходные, нерабочие и праздничные дни; доплата за работу в ночное время; доплата за работу в ночную и вечернюю смену; выходные пособия в связи с ликвидацией организации либо сокращением численности или штата работников организации; доплаты за совмещение должностей (профессий); доплаты за расширение зоны обслуживания; доплаты за увеличение объемов работ; доплаты за исполнение обязанностей временно отсутствующего работника. И, на наш взгляд, это очевидно, так как увеличение интенсивности труда, например исполнение обязанностей временно отсутствующего работника, включается в интегрированную стимулирующую надбавку, как и увеличение объемов работ. Доплаты за работу в ночное время, доплаты за работу в ночную и вечернюю смену по инициативе заказчика (АС) определяются по перечню фактически выполненных работ и компенсируются по фактическим затратам дополнительно в соответствии с типовым порядком оплаты труда работников АО «Концерн Росэнергоатом».

На текущий момент расчетная величина норматива дополнительной заработной платы составляет:

- 19,1 % для видов работ, относящихся к группам 2–9 сборников ОСЭН;
- 27 % для видов работ с особо вредными условиями труда.

Компенсационные выплаты определяются к тарифной ставке 11 грейда группы С как произведение:

- 1) величины выплат в соответствии с оценкой условий труда (4 %, 8 %, 12 %, 16 %, 20 %, 24 %);

- 2) тарифной ставки 11 грейда группы С за час работы  $\left(\frac{\text{чел.}}{\text{ч}}\right)$ ;

- 3) суммарных затрат труда  $\left(\frac{\text{чел.}}{\text{ч}}\right)$  по видам ремонтных работ.

Некоторые работы персонал выполняет в сложных условиях труда, которые необходимо компенсировать повышением оплаты труда. Повышение оплаты труда

обеспечивается путем умножения заработной платы ( $C_w$ ) на соответствующие коэффициенты (платы ( $C_w$ ) на соответствующие коэффициенты ( $K_1$ , в том числе  $K_{\text{спец}}$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ).

$K_1$  – коэффициенты усложняющих условий, включая  $K_{\text{спец}}$  – коэффициент, учитывающий условия работы в зоне ионизирующих излучений.

Нормы трудозатрат рассчитаны для нормальных условий производства ремонта оборудования на месте его установки. В случае изменения нормальных условий выполнение ремонтных работ усложняется. Для каждого вида работ в усложненных условиях существуют свои коэффициенты, приведенные в сборниках ОЭСН. Нормальными считаются условия на типовой ремонт оборудования, предусмотренный технологическим процессом, соответствующие санитарно-гигиеническим нормам и действующим требованиям охраны труда и безопасности производства на АС. Для отдельных операций, отличающихся по условиям от предусмотренных технологическим процессом, коэффициенты применяются на время действия усложняющих условий. К таким операциям относятся, например, неплановый останов оборудования, работа в целях ликвидации опасности выхода из строя оборудования или аварии, вывод в ремонт отдельных систем и узлов при работающих других системах или узлах и т.д.

При одновременном применении нескольких коэффициентов, учитывающих усложняющие условия, коэффициенты перемножаются.

При выполнении работ внутри емкости (резервуара, трубопровода и другого замкнутого пространства) в случае, если нормой не определено, выполняется работа снаружи или внутри емкости (дополнительные работы или работы, выполняемые по результатам дефектации), условия производства работ дополнительно должны учитывать дежурство снаружи емкости. Дежурство, как правило, выполняется одним работником. Дежурство учитывается коэффициентом  $K = 0,5$  к суммарным трудозатратам на выполнение работ внутри емкости и оплачивается по тарифной ставке 3 разряда (16 грейда) с учетом оценки условий труда на месте выполнения работ.

Например, в сборнике 81-26-01 «Реакторы. Оборудование реакторных отделений ВВЭР-1000, ВВЭР-440» приводятся следующие усложняющие коэффициенты:

– при работе в условиях повышенной температуры свыше  $+32^\circ\text{C}$  – 1,09;

– при работе в условиях пониженной температуры ниже  $+5^\circ\text{C}$  – 1,07;

– при работе в стесненных условиях, не обеспечивающих свободного доступа к ремонтируемому объекту: в проемах для круглых сечений диаметром менее 0,8 м по ширине и прямоугольных сечений менее 0,6 м по ширине и менее 0,8 м по высоте, скорчившись, лежа, на коленях и стоя, вытянув руки вверх – 1,15;

– при работе в противогазе или специальном костюме – 1,5;

– при работе в респираторе – 1,15 (используется без применения  $K_{\text{спец}}$ );

– при работе с лестниц, передвижных подмостей и лесов от уровня пола на высоте свыше 1,5 м до 5 м – 1,1; свыше 5 м до 8 м – 1,15; свыше 8 м до 15 м – 1,25; свыше 15 м до 20 м – 1,4; свыше 20 м – 1,5;

– при выполнении работ без подъемно-транспортных средств для деталей массой более 50 кг – 1,3.

$K_{\text{спец}}$  – коэффициент, отражающий затраты времени для осуществления специальных мероприятий АС по обеспечению радиационной безопасности ремонтного персонала.

$K_{\text{спец}}$  учитывает затраты времени:

1) на получение и закрытие дозиметрического наряда-допуска к работам в зоне контролируемого доступа;

2) проведение инструктажа перед началом работы по соблюдению правил радиационной безопасности;

3) выполнение требований правил личной гигиены в зоне контролируемого доступа, дополнительные затраты времени, связанные с использованием средств индивидуальной защиты (пневмокостюмы, пневмомаски, респираторы, пленочная и другая спецодежда, резиновые перчатки, нарукавники, полукомбинезоны, косынки и т.п.);

4) принятие необходимых мер по локализации радиоактивных загрязнений (установка защитных экранов, дисциплинирующих барьеров, знаков радиационной безопасности, саншлюзов и т.д.);

5) дополнительные затраты, вызванные ограниченным пребыванием на рабочем месте при повышенном уровне ионизирующих излучений.

Ограничение пребывания на рабочем месте устанавливается исходя из конкрет-

ной радиационной обстановки и основного предела дозы для персонала группы А.

Например, если выполнение работ осуществляется в условиях действия гамма-излучения  $P_\gamma$  мощностью менее  $12 \frac{\text{мкЗв}}{\text{ч}}$  (категория работ I), а допустимое время работы в данном случае – без ограничений (ч), то значение  $K_{\text{спец}}$  принимается равным 1,15.

Коэффициент  $K_2$  дополнительных работ, не учтенных в нормах трудозатрат ОЭСН, к которым относятся трудозатраты на выполнение теплоизоляционных работ, установку/снятие лесов, покрасочных работ, ремонта площадок обслуживания оборудования, зачистки под контроль и т.п., определяется экспертно-аналитическим путем и в настоящее время составляет 1,11.

Наконец,  $K_3$  – коэффициент, отражающий выполнение работ в организациях, территориально расположенных в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях. Он включает районные коэффициенты и надбавки, начисляемые в соответствии с действующим законодательством.

*Третья составляющая* производственной себестоимости ТООИР  $C_{\text{ИРР}}$  – страховые взносы – состоит из страховых взносов на обязательное пенсионное страхование и дополнительное пенсионное страхование за выполнение работ в тяжелых, вредных и (или) опасных условиях труда; на обязательное социальное страхование на случаи временной нетрудоспособности, несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, материнства; на обязательное медицинское страхование. Ставки страховых взносов определяются ежегодно в соответствии с законодательством.

*Четвертая составляющая* производственной себестоимости ТООИР  $C_e$  – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования – рассчитывается исходя из стоимости машино-часа машин и механизмов, используемых при ремонте объектов АС, а также количества чел.-ч их использования в соответствии с технологическим процессом, проектом производства работ или по факту. Стоимость машино-часа используемых машин и механизмов определяется в базовых ценах на основании действующих федеральных сборников сметных норм и расценок. Для пересчета базовых цен в текущие цены применяются индексы Министерства строительства и жи-

лищно-коммунального хозяйства Российской Федерации.

*Пятая составляющая* производственной себестоимости ТООИР  $C_{oh}$  – накладные расходы, которые состоят из общецеховых  $C_d$  и общестанционных  $C_c$  расходов. Накладные расходы представляют собой затраты на обеспечение управления процессом ТООИР, включая расходы на командировки, связанные с согласованием технических условий и оформлением договоров на поставку материалов, ЗИП; расходы на содержание отдела снабжения и заводских складов и т.п. Нормативы накладных расходов рассчитаны исходя из сложившихся на станции следующих организационно-технических условий:

- используются штатные машины, механизмы (кроме личного инструмента рабочего), краны, грузоподъемные приспособления и оснастка, принадлежащие и эксплуатируемые заказчиком;

- электроэнергия, пар, вода, сжатый воздух, кислород, ацетилен, природный и инертный газ, другие энергоресурсы предоставляются подрядчику для выполнения работ безвозмездно;

- учитываются расходы подрядчика, связанные с командированием персонала с одного объекта на другой;

- предоставляются подрядчику служебные и бытовые помещения, обеспечиваемые теплом, электроэнергией, водой, телефонной и иной связью и т.д.;

- персонал, работающий в условиях ионизирующих излучений, обеспечивается заказчиком соответствующими средствами индивидуальной защиты, в том числе специальной одеждой, осуществляется их дезактивация, подрядный персонал обеспечивается санитарно-гигиеническими и бытовыми условиями.

Накладные расходы устанавливаются в долях к заработной плате основных производственных рабочих:

$$C_{oh} = C_d + C_c = s_{oh} C_w',$$

где  $C_w'$  – заработная плата основных производственных рабочих за вычетом компенсационных выплат за выполнение работ в тяжелых, вредных и опасных условиях труда;  $s_{oh}$  – доля (ставка) накладных расходов, устанавливаемая в составе планово-экономических показателей АО «Концерн Росэнергоатом» ежегодно. На текущий момент размер накладных расходов в



зависимости от группы сборников ОЭСН на ТОиР находится в диапазоне от 126,5 до 176,6 % к заработной плате основных производственных рабочих.

Полная себестоимость ТОиР рассчитывается по формуле

$$C_{MRO}^{total} = C_{SPTA,M} + C_w K_1 K_2 K_3 + C_{IPP} + C_e + C_{oh} + C_{nm} = C_{MRO} + C_{nm},$$

где  $C_{MRO}$  – производственная себестоимость ТОиР;  $C_{nm}$  – внепроизводственные расходы, которые учитывают расходы на сбыт в части затрат на тару и упаковку продукции на складах готовой продукции, расходы на доставку продукции на АС или на станцию отправления, погрузку в вагоны, автомобили и другие транспортные средства, прочие расходы, связанные со сбытом продукции.

Расходы на упаковку и транспортировку, входящие в состав внепроизводственных расходов, включаются в себестоимость соответствующих видов продукции прямым путем. При невозможности такого отнесения они могут распределяться между отдельными видами продукции исходя из их веса, объема или производственной себестоимости.

Стоимость ТОиР составляет

$$P_{MRO} = C_{MRO}^{total} + R,$$

где  $R$  – прибыль, которая рассчитывается в долях (процентах) к производственной себестоимости за вычетом материальных затрат. Величина процента устанавливается расчетно-аналитическим путем и утверждается ежегодно в составе планово-экономических показателей организации. Отметим, что нормативная прибыль, включаемая в стоимость ТОиР, учитывается без районного коэффициента и процентных надбавок  $K_3$ . Нормативную прибыль можно рассматривать как общую рентабельность, т.е. показатель эффективности использования ресурсов.

Стоимость работ ТОиР, не включенных в сборники ОЭСН и иные действующие нормы труда, формируется на основе калькуляции трудозатрат (норматива трудоёмкости) со средним разрядом работ.

При повышении производительности труда учитывается дополнительный коэффициент  $K$ , который рассчитывается по формуле

$$K = \frac{L}{P_{MRO}^c},$$

где  $K$  – условный коэффициент пересчета;  $L$  – выделенный лимит по статье 4.3 «Ремонт основных фондов», руб.;  $P_{MRO}^c$  – нормативная стоимость подрядных работ, руб. (рис. 4).

Нормативная стоимость подрядных работ рассчитывается по формуле

$$P_{MRO}^c = T_{MRO}^c P_{чел\cdot час},$$

где  $T_{MRO}^c$  – трудоемкость ремонтных работ, выполняемых подрядным способом, чел·ч;  $P_{чел\cdot час}$  – нормативная стоимость 1 чел·ч подрядных работ, руб/ чел·ч.

При этом  $T_{MRO}^c$  рассчитывается по формуле

$$T_{MRO}^c = T_{MRO}^{total} - T_{MRO}^{staff},$$

где  $T_{MRO}^{total}$  – общая трудоемкость ремонтных работ, чел·ч;  $T_{MRO}^{staff}$  – трудоемкость ремонтных работ, выполняемых хозяйственным способом, чел·ч, рассчитываемая по формуле

$$T_{MRO}^{staff} = r_{MRO}^{staff} \cdot T_w,$$

где  $r_{MRO}^{staff}$  – нормативная численность ремонтного персонала АС, чел. Например, нормативная (минимально необходимая) численность собственного ремонтного персонала одноблочной АС с реакторной установкой ВВЭР-1000 составляет 294 чел., четырехблочной – 820 чел. Расчет минимально необходимой численности персонала осуществляется расчетно-аналитическим путем с учетом конструктивной сложности энергоблока;  $T_w$  – годовой фонд рабочего времени с учетом отпусков и неявок, разрешенных законом, ч.

Иными словами, если  $P_{MRO}^c < L$ , то имеет место экономия средств. Предположительно эта экономия образуется за счет повышения производительности труда. Однако могут быть и другие причины. Распределение лимита по статье 4.3 «Ремонт основных фондов» происходит между АС с учетом  $K$ .

Если после утверждения лимитов по статье 4.3 «Ремонт основных фондов» в текущем году возникает необходимость выполнения ремонтных работ вследствие обстоятельств, которые по объективным причинам не могли быть учтены при формировании лимитов, проводится корректировка.

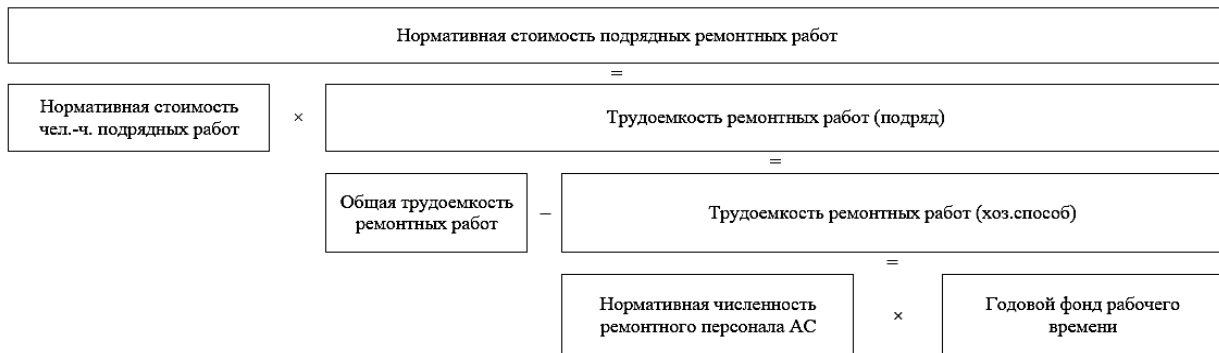


Рис. 4. Структура нормативной стоимости подрядных ремонтных работ

Подрядной организации выплачивается надбавка в случае сокращения сроков выполнения ремонтных работ ( $C_T^c$ ) по разрабатываемым АО «Концерн Росэнергоатом» методикам расчета, привести которые ввиду их объемности не представляется возможным.

По нашему мнению, при калькулировании стоимости ТОиР, выполняемых подрядным способом, наряду с надбавкой за сокращение сроков ремонта и повышающими коэффициентами необходимо применять штрафной коэффициент  $K_{\text{штраф}}$  за увеличение сроков ремонта или неплановые остановки из-за некачественно выполненного подрядчиком ремонта с использованием прогрессивной шкалы начисления, т.е. чем больше простой, тем больше штрафной коэффициент, уменьшающий стоимость выполненных ремонтных работ.

Таким образом, стоимость ремонтных работ, выполненных подрядным способом, рассчитывается по формуле

$$P_{MRO}^{c'} = \frac{P_{MRO}^c + C_T^c}{K_{\text{штраф}}},$$

$$K_{\text{штраф}} = \frac{P_{MRO}^c + C_T^c}{P_{MRO}^{c'}}$$

где  $K_{\text{штраф}} > 1$ .

При этом  $P_{MRO}^c + C_T^c - P_{MRO}^{c'}$  представляет собой величину денежных средств, руб., которую АС удерживает с подрядчика. Величину  $K_{\text{штраф}}$  необходимо устанавливать исходя из потерь, понесенных в результате перепростоя в ремонте, либо в результате неплановых остановов из-за некачественно выполненного подрядчиком ремонта, т.е.

$$P_{MRO}^c + C_T^c - P_{MRO}^{c'} \geq L,$$

где  $L$  – потери АС из-за перепростоя в ремонте или неплановых остановов по вине подрядчика, которые включают как потери

от недовыработки электроэнергии и штрафа от непоставки заявленных электроэнергии и мощности на рынок, так и все условно-постоянные расходы, понесенные станцией за этот период.

Выплаты штрафов подрядными организациями в случае некачественно выполненного ремонта предусматриваются в договорах на выполнение работ (например, в договоре генподряда АО «Атомэнергоремонт»). Однако на практике выплаты штрафов не производятся, по нашему мнению, в силу нескольких причин: экономических – когда выплата штрафа в полном размере приведет к банкротству подрядчика; внутриполитических – когда приоритетом является общая цель корпорации, а не отдельные цели заказчика и подрядчика.

Неоднократно упоминаемые планово-экономические показатели организации представляют собой экономические нормативы затрат, предназначенные для расчета сметной стоимости ремонтных работ АС на планируемый период, рассчитанные расчетно-аналитическим методом на основании опыта проведения ремонтов. Показатели утверждаются ежегодно локально-нормативными актами организации.

Отметим, что в комплекте технологических документов на ремонт систем и оборудования АС отражаются нормы расхода материалов, оснастки (рис. 5), трудоемкость работ, квалификация и численность ремонтного персонала (рис. 6), поэтому планирование стоимости типовых ТОиР АС не вызывает затруднений<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> СТО 1.1.1.01.003.1074-2015. Ремонтная документация. Технологическая документация на ремонт оборудования атомных станций. Правила построения, изложения, оформления, согласования, утверждения и регистрации  
 URL: <https://docplan.ru/Data2/1/4293736/4293736885.pdf>  
 (дата обращения: апрель 2021)

Разработал	Иванов И.И.	КТД0564.000-59085090							
Проверил	Петров П.П.	АО «ВНИИАЭС»		ВМ0564.000.00	Листов 1	Лист 1			
Нормоконтроль	Соболев С.С.	Эжектор ЭУ-430				Л-1	Л-2	Л-2	
156-Б-102									
НПП	Наименование, марка материала						ЕВ	Кол-во	
1	Сурик свинцовый ГОСТ 19151-73						кг	2,2	
2	Ацетон ГОСТ 2603-79						л	3,3	
3	Уайт-спирит ГОСТ 3134-78						л	0,5	
4	Быстросохнущая краска яркого цвета НЦ-25 ГОСТ 5406-84						кг	0,1	
5	Смазка «ЛИГОЛЬ» ТУ 38.301-48-54-95						кг	1,0	
6	Смазка «ЦИАТИМ-221» ГОСТ 9433-60						кг	1,0	
7	Салфетки из х/б ткани ТУ 17/2-16-69						шт.	113	
8	Шкурка шлифовальная мелкозернистая ГОСТ 5009-82						м <sup>2</sup>	11,2	
9	Мел (или маркер) ГОСТ 17498-72						шт.	3	
10	Сварочная проволока Св-08Г2С (Св-08ГС) Ø1,6-3,0 мм ГОСТ 2246-70						кг	2	
11	Сварочная проволока Св-08Г2С (Св-08ГС) Ø1,2-1,4 мм ГОСТ 2246-70						кг	1	
12	Электрод УОНИИ-13/45, УОНИИ-13/45А, УОНИИ-13/55 Ø3-4 мм ГОСТ 9467-75						кг	5	
13	Мешок полиэтиленовый ГОСТ Р 51720-2001						шт.	5	
ВМ		Материалы для ремонта эжектора ЭУ-430						18	

Рис. 5. Пример ведомости материалов комплекта технологических документов на ремонт эжектора

КТД0101.000-59085090				КТП0101.000.01				Лист 2			
А	Цех	Номер, наименование операции	Обозначение документа	Проф.	Р	КР	УТ	ЕН	Тпз	Топ	
К/М	Наименование детали или сборочной единицы/наименование, марка материала								ЕН	ЕВ	НР
Т	Наименование, марка средства оснащения								ЕВ	Кол-во	
T2	Круг отрезной 41 230х3х22								шт.	1	
A	015 Слесарная		КЭ0101.000.02	слесарь	4	1					
				слесарь	2	1					
O	Срезать остаток штуцера и сварного шва заподлицо с трубной доской согласно КЭ0101.000.02										
T1	Машина шлифовальная ИП-2-2009А								шт.	1	
T2	Круг шлифовальный ПП 63х20х20								шт.	1	
T3	Шабер трехгранный								шт.	1	
A	020 Сверлильная		КЭ0101.000.02	слесарь	4	1					
				слесарь	2	1					
O	Удалить остаток сварного шва и штуцера сверлением согласно КЭ0101.000.02										
T1	Машина ИП-1103								шт.	1	
T2	Сверло Ø25,2								шт.	1	
КТП		Ремонт сепаратора-пароперегревателя СПП-500-114								16	

Рис. 6. Пример карты технологического процесса комплекта технологических документов на ремонт сепаратора-пароперегревателя

Более того, автоматизация процесса планирования ТОиР путем внедрения АСУ ТОиР на платформе IBM Maximo for Nuclear позволяет рассчитывать потребность в материалах и персонале, а интеграция с базами данных «Поставщиков/Изготовителей оборудования» – своевременно организовать закупку необходимых ресурсов.

Сложности возникают при выполнении нетиповых, сверхрегламентных ремонтных работ по результатам дефектации, ремонтных работ одновременно на нескольких блоках различных АС. В по-

следнем случае АО «Концерн Росэнергоатом» перераспределяет персонал подрядных организаций исходя из принципа приоритетности ремонта блока для достижения общей цели АО «Концерн Росэнергоатом» по поставке электроэнергии и мощности на рынок. При этом возможно увеличение продолжительности ремонта блока АС, с которого подрядный ремонтный персонал был перекомандирован. Отметим, что выполнение определенных ремонтных работ невозможно ускорить путем привлечения дополнительного персонала

(например, если в месте производства работ может разместиться только один человек, стесненные условия, на высоте и т.п.).

**Выводы.** Предложенная методика расчета стоимости ТОиР, представляя собой попытку систематизации организационно-методического инструментария обеспечения ремонта АС, позволяет:

1) учесть специфику выполнения ремонтных работ на АС, включая:

– особенности нормирования затрат труда, затрат на оборудование и материально-технические ценности;

– особенности формирования расходов на оплату труда ремонтного персонала, включая установление надбавок, доплат и премий за выполнение работ в сложных условиях (повышенная / пониженная температура, стесненные условия, работы на высоте, в специальной одежде и с применением средств индивидуальной защиты и т.п.), в условиях действия ионизирующих излучений;

2) повысить точность расчета стоимости ТОиР, которая является критерием оценки эффективности и конкурентоспособности АС.

В дальнейшем использование, например, регрессионных моделей позволит определить составляющую стоимости, управление которой даст наибольший экономический эффект в виде минимизации расходов на ТОиР, сокращения продолжительности ТОиР при безусловном соблюдении требований безопасности.

#### Список литературы

1. **Галковская В.Е., Вертакова Ю.В.** Применение зарубежного опыта оценки стоимости ядерной энергии в российской практике // Известия Юго-Западного государственного университета. Сер. Экономика. Социология. Менеджмент. – 2019. – Т. 9, № 6. – С. 104–114.

2. **Mari C.** The costs of generating electricity and the competitiveness of nuclear power // Progress in Nuclear Energy. – 2014. – Vol. 73. – P. 153–161.

3. **Янченко Ю.А., Гуринович В.Д.** Обслуживание и ремонт АЭС. Управление жизненным циклом / под общ. ред. Ю.А. Янченко. – М.: АО «Первая Образцовая типография», 2021. – 725 с.

4. **Fu Yuqiang, Zhu Xiaoyan, Ma Xiaoyang.** Optimum component reallocation and system replacement maintenance for a used system with increasing minimal repair cost // Reliability Engineering

& System Safety. – 2020, December. – Vol. 204. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.107137>

5. **Badía F.G., Berrade M.D., Lee Hyunju.** A study of cost effective maintenance policies: Age replacement versus replacement after N minimal repairs // Reliability Engineering & System Safety. – 2020, September. – Vol. 201. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.106949>

6. **Multi-objective** optimization of maintenance program in multi-unit nuclear power plant sites / Zhang Sai, Du Mengyu, Tong Jiejuan, Li Yan-Fu // Reliability Engineering & System Safety. – 2019, August. – Vol. 188. – P. 532–548. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.03.034>

7. **Некоторые** аспекты решения задач цифровизации объектов ядерной энергетики / В.Н. Никифоров, О.Ю. Пугачева, Н.Н. Подрезов и др. // Ядерная и радиационная безопасность. – 2019. – № S1. – С. 55–60.

8. **Особенности** ремонта технологий на этапе проведения ремонтных компаний / В.Н. Никифоров, Е.В. Арженовская, Н.Н. Подрезов и др. // Безопасность ядерной энергетики: тез. XV науч.-практ. конф. – М., 2019. – С. 71–73.

9. **Осецкая М.М.** Оценка эффективности ремонтной кампании // Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР: сб. тр. XI Междунар. науч.-техн. конф., 21–24 мая 2019. ОКБ «Гидропресс». – Подольск, 2019. URL: <http://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceedings/mntk2019/documents/mntk2019-160.pdf> (дата обращения: апрель 2021).

10. **Минаев В.И.** Стратегия сервисной организации отраслевого холдинга на примере ОАО «Атомэнергоремонт» // Контроллинг. – 2012. – № 43. – С. 62–66.

11. **Синев М.Н.** Экономика ядерной энергетики: Основы технологии и экономики производства ядерного топлива. Экономика АЭС: учеб. пособие для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 480 с.

12. **Разработка** норм производственных запасов товарно-материальных ценностей для обеспечения ремонтно-эксплуатационных нужд АЭС / Ю.А. Янченко, С.А. Ткачук, Е.В. Темрина и др. // АО «ВНИИАЭС». URL: <http://mntk.rosenergoatom.ru/mediafiles/u/files/2014/Sections/1.1.3/YAnchenko.pdf> (дата обращения: апрель 2021).

#### References

1. Galkovskaya, V.E., Vertakova, Yu.V. Primenenie zarubezhnogo opyta otsenki stoimosti yadernoy energii v rossiyskoy praktike [The Use of Foreign Experience of Nuclear Energy Costs Assessment in Russia Experience]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Ekonomika. Sotsiologiya. Menedzhment*, 2019, vol. 9, no. 6, pp.104–114 (In Russ.)

2. Mari, C. The costs of generating electricity and the competitiveness of nuclear power. *Progress in Nuclear Energy*, 2014, vol. 73, pp. 153–161.

3. Yanchenko, Yu.A., Gurinovich, V.D. Obsluzhivanie i remont AES. Upravlenie zhiznennym tsiklom. Moscow: AO «Pervaya Obraztsovaya tipografiya», 2021. 725 p.

4. Fu Yuqiang, Zhu Xiaoyan, Ma Xiaoyang. Optimum component reallocation and system replacement maintenance for a used system with increasing minimal repair cost. *Reliability Engineering & System Safety*, 2020, December, vol. 204. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.107137>

5. Badía, F.G., Berrade, M.D., Lee, Hyunju. A study of cost effective maintenance policies: Age replacement versus replacement after N minimal repairs. *Reliability Engineering & System Safety*, 2020, September, vol. 201. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.106949>

6. Zhang Sai, Du Mengyu, Tong Jiejuan, Li Yan-Fu. Multi-objective optimization of maintenance program in multi-unit nuclear power plant sites. *Reliability Engineering & System Safety*, 2019, August, vol. 188, pp. 532–548. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.03.034>

7. Nikiforov, V.N., Pugacheva, O.Yu., Podrezov, N.N., Babenko, R.G., Povarov, V.P., Slepov, M.T. Nekotorye aspekty resheniya zadach tsifrovizatsii ob'ektov yadernoy energetiki [Some Aspects Of Solving Digitalization Tasks Of Nuclear Energy Units]. *Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost'*, 2019, no. S1, pp. 55–60.

8. Nikiforov, V.N., Arzhenovskaya, E.V., Podrezov, N.N., Galkin, A.S., Krupskiy, A.G. Osobennosti remontnykh tekhnologiy na etape provedeniya remontnykh kompaniy [Features Of Repair Technology at the Stage of Repair Work].

*Tezisy XV nauchno-prakticheskoy konferentsii «Bezopasnost' yadernoy energetiki»*, 2019, pp. 71–73.

9. Osetskaya, M.M. Otsenka effektivnosti remontnoy kampanii [The assesment of NPP repair camagain effectiveness]. *Sbornik trudov XI Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Obespechenie bezopasnosti AES s VVER»*, 21–24 maya 2019. OKB «Gidropress». Podol'sk, 2019. Available at: [http://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceeding\\_s/mntk2019/documents/mntk2019-160.pdf](http://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceeding_s/mntk2019/documents/mntk2019-160.pdf) (accessed april 2021)

10. Minaev, V.I. Strategiya servisnoy organizatsii otraslevogo kholdinga na primere OAO «Atomenergoremont» [The strategy of industry sevice holding organization by example of JSC Atomjenergoremont]. *Kontrolling*, 2012, no. 43, pp. 62–66.

11. Sinev, M.N. *Ekonomika yadernoy energetiki: Osnovy tekhnologii i ekonomiki proizvodstva yadernogo topliva. Ekonomika AES* [Nuclear enegy economics. Technics and economics of nuclear fuel production. NPP economics]. Moscow: Energoatomizdat, 1987. 480 p.

12. Yanchenko, Yu.A., Tkachuk, S.A., Temrina, E.V., Gurinovich, V.D., Tipliyakov, D.N., Tret'yakov, K.V. Razrabotka norm proizvodstvennykh zapasov tovarno-material'nykh tsennostey dlya obespecheniya remontno-ekspluatatsionnykh nuzhd AES [The development of norms for production stocks of inventories to meet the repair and operational needs of nuclear power plants]. AO «VNIIAES». Available at: <http://mntk.rosenergoatom.ru/mediafiles/u/files/2014/Sections/1.1.3/YAnchenko.pdf> (accessed april 2021).