

**Как цитировать статью:** Кольцова А. А., Яковлева Т. В. Теоретические аспекты формирования системы показателей управленческого учета // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2015. № 4 (33). С. 85—89.

**For citation:** Koltsova A. A., Yakovleva T. V. Theoretical aspects of the management accounting indicators system formation // Business. Education. Law. Bulletin of Volgograd Business Institute. 2015. № 4 (33). P. 85—89.

УДК 338.1:621.311  
ББК 65.305.14:31.277

**Kravchenko Alexander Vasilyevich,**  
candidate of technical sciences of the department  
of industrial management and economics of energy  
of Novosibirsk State Technical University,  
Novosibirsk,  
e-mail: kaveco@yandex.ru

**Кравченко Александр Васильевич,**  
канд. техн. наук, доцент кафедры промышленного  
менеджмента и экономики энергетики Новосибирского  
государственного технического университета,  
г. Новосибирск,  
e-mail: kaveco@yandex.ru

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ПУТЕМ КОРРЕКЦИИ ВОДНО-ХИМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ<sup>1</sup>

### IMPROVEMENT OF THE EFFICIENCY OF POWER PLANTS BY CORRECTION OF WATER CHEMISTRY<sup>2</sup>

*В статье рассматривается возможность использования пленкообразующих аминов марки HELAMIN® в качестве замены традиционных реагентов, применяющихся при ведении водно-химических режимов (ВХР) и предпусковых отмывках котла-утилизатора ПГУ Вологодской ТЭЦ. Рассчитаны экономические выгоды при внедрении нового реагента, предпусковой химической обработке поверхностей нагрева, коррекционной обработке воды при эксплуатации. Проведено сравнение затрат на ведение традиционного и хеламинного водно-химического режима. Результатом исследования является коммерческая оценка эффективности замены химических реагентов на относительно новый для российской энергетики и до конца не опробованный реагент хеламин. Сделан вывод о целесообразности и экономической выгоде применения хеламина.*

*The article discusses the possibility of use of the film-forming amines HELAMIN® to replace conventional reagents used in the management of water chemistry (WCE) and countdown washing HRSG PSU Vologda CHP. The economic benefits of implementation of the new reagent, pre-start chemical treatment of heating surfaces, corrective treatment of water during operation are calculated. A comparison of the costs of conventional treatment and HELAMIN water chemistry is performed. The result of the study is the commercial evaluation of effectiveness of chemicals replacement with Helamin, which is relatively new for the Russian energy industry and is not finally tested. The conclusion about feasibility and economic benefits of HELAMIN use is made.*

*Ключевые слова:* электростанция, поверхности нагрева, химическая обработка, водно-химический режим, реагенты, пленкообразующие амины, замена реагентов, эксплуатационные расходы, инвестиции, оценка эффективности, ресурс блока электростанции.

*Keywords:* power plant, surface heating, chemical processing, water-chemical regime, agents, film-forming amines, substitution of reagents, operation costs, investment, performance evaluation, power unit resource.

В последнее время все большую актуальность приобретают вопросы надежности электроснабжения [1, с. 144], что объясняется состоянием энергетической отрасли, которая характеризуется значительным износом оборудования и снижением финансирования, связанного с поддержанием его в нормальном эксплуатационном состоянии [2, с. 47].

Доля ремонтных затрат в общем объеме издержек, связанных с производством тепловой и электрической энергии на теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), варьируется от 10 до 24% и изменяется в процессе эксплуатации. Эти изменения определяются степенью износа основного оборудования, который, в свою очередь, зависит от режима работы станции в энергосистеме, качества первичных энергетических ресурсов, режима и состава работающего оборудования на станции, а также от уровня выполнения предшествующих ремонтно-восстановительных работ [3, с. 116].

В этой связи становится актуальным вопрос надежности работы оборудования электростанций. Одной из основных проблем в надежной и экономичной работе электростанций является защита от коррозии и образования отложений на конструкционных материалах оборудования предприятий энергетики. Для решения этой проблемы применяют коррекционную обработку питательной и котловой воды гидразином и аммиаком для предотвращения коррозии, а также обработку фосфатами для уменьшения накипеобразования на поверхностях нагрева котлов [4]. Однако на основании многолетних эксплуатационных данных установлено, что использование вышеназванных реагентов не является достаточно эффективным в борьбе с коррозией и накипеобразованием. В настоящее время за рубежом для этих целей используют вещество хеламин, представля-

<sup>1</sup>Статья подготовлена в рамках тематического плана Новосибирского государственного технического университета ТП-ПМиЭЭ-2\_15

<sup>2</sup>This article was prepared within the framework of the thematic plan of the Novosibirsk State Technical University TP-PMiEE-2\_15

ющее собой жидкий продукт, являющийся сложной смесью моно- и полиаминов. Механизм действия хеламина является не только химическим (подщелачивание, выпадение в осадок солей железа и кальция), но и механическим (образование защитной пленки). За это вещество с подобными свойствами получили название «пленкообразующие амины», или ПОА. Кроме того, ПОА обладают диспергирующими свойствами, то есть способны разрушать налет, скопившийся на трубах до начала введения аминов. Это значит, что если перевести действующие котлы на аминный режим, то постепенно внутренняя поверхность труб очистится от скопившихся загрязнений и благодаря этому улучшатся многие параметры работы котла, в том числе увеличится коэффициент надежности. Это актуально для любой электростанции.

Другими словами, оборудование, работающее на хеламине или другом пленкообразующем амине, станет реже выходить из строя, увеличится межремонтный период и число часов работы оборудования. Это вызвано тем, что налет на внутренних стенках труб имеет во много раз меньший коэффициент теплопередачи, чем металл, поэтому его появление приводит к большому тепловому напряжению металла и постепенному его повреждению. Нужно также заметить, что все вещества, применяемые при традиционных ВХР, являются вредными по ГОСТу 12.1.005-88 [5]. Например, гидразин относится к первому классу опасности, тринатрийфосфат — ко второму. По ГОСТу 12.1.007-76 [6] едкий натр также относится ко второму классу опасности химических веществ. Хеламин гораздо безопаснее их. Период его биологического полураспада всего 28 дней, а по тому же ГОСТу 12.1.005-88 он относится к третьему классу опасности. Единственным поставщиком ПОА в России является ООО «Хеламин Проект», установившее цену для хеламина марки BRW150H в размере 556 руб./кг.

#### **Обработка питательной воды гидразином**

Коррекционная обработка наряду с очисткой добавочной воды, конденсата, термической деаэрацией, консервацией оборудования при остановках в резерв и ремонтом обеспечивает предотвращение накипеобразования и кислородной коррозии основного и вспомогательного оборудования. При любом режиме на внутренних поверхностях нагрева котла постепенно накапливаются отложения окислов металлов, которые существенно увеличивают тепловое сопротивление. Рост теплового сопротивления приводит к росту температуры металла труб, к сокращению срока службы металла. Тепловые разрывы поверхностей нагрева — одно из следствий накопления отложений на внутренних поверхностях. Перегрузка гидразина из бочек, в которых он поступает в бак хранения, производится на ХВО насосом-дозатором. Два насоса-дозатора гидразина типа НДО 5Э-100/10 производительностью 100 л/ч, давлением 10 кгс/см<sup>2</sup> (два насоса-дозатора устанавливаются на один блок ПГУ). При переходе на хеламин от этой схемы можно отказаться, что даст экономию на монтаже оборудования и его последующем обслуживании [7].

#### **Обработка питательной воды аммиаком**

Одновременно с гидразиновой должна производиться и аммиачная обработка питательной воды. Обработка питательной воды аммиаком заключается в периодическом дозировании в питательную воду такого количества реагента, которое обеспечит поддержание величины pH = 9,1±0,1 при

нехватке гидразина для поддержания указанной величины. Технологическая схема приготовления и дозирования рабочего раствора аммиака состоит из следующего оборудования:

— расходный бак рабочего раствора аммиака V = 5 м<sup>3</sup>, 2 шт.;

— насосы-дозаторы рабочего раствора аммиака типа НДО-63/16; Q = 63 л/ч, P = 1,6 МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>) по 2 шт. на один блок ПГУ.

Как и в случае с гидразин-гидратом, от этого оборудования тоже можно будет отказаться, обеспечив дополнительную экономию.

#### **Фосфатирование котловой воды**

Сущность фосфатирования заключается в образовании соединений, которые кристаллизуются в толще щелочной котловой воды в виде шлама и в значительной степени удаляются из котла с продувкой. Дозировка фосфатов осуществляется непосредственно в барабан котла. Фосфатирование котловой воды производится по индивидуальной схеме путем равномерного и непрерывного ввода раствора тринатрийфосфата в барабан котла. Технологическая установка для дозирования рабочего раствора фосфата обычно располагается в главном корпусе и состоит из расходных баков объемом 5 м<sup>3</sup>, 2 шт., насосов-дозаторов (НДФ) типа НД-63/160. Применение хеламина вместо традиционных реагентов для коррекционной обработки питательной воды позволяет:

— значительно уменьшить количество баков, насосов, трубопроводов и прочего оборудования, необходимого для работы с реагентами,

— уменьшить площадь, занимаемую как оборудованием, так и реагентами на складе,

— упростить методику дозирования реагентов, отбора и анализа проб воды и пара.

В настоящее время для коррекционной обработки применяются следующие реагенты: аммиак, гидразин-гидрат, едкий натр, трилон Б, силикат натрия, тринатрийфосфат. Использование существующих реагентов для коррекционной обработки теплоносителя имеет ряд существенных недостатков, в связи с которыми начали применять новый, ранее не используемый реагент, который теоретически мог заменить все вещества, применяемые в то время. На тепловых электростанциях и промышленных предприятиях Германии, Швейцарии, Бельгии, Нидерландов, Дании, Франции, Италии, Чехии, Польши, Болгарии, Румынии, Турции, ОАЭ, Ирана, Японии, Бразилии, Аргентины в качестве комплексного реагента для коррекционной обработки питательной, котловой и сетевой подпиточной воды и одновременно консервации оборудования широко применяются ингибиторы коррозии и отложений под общей торговой маркой HELAMIN® (хеламин®), разработанные и производящиеся компанией FABORGA S. A. (Швейцария). Торговая марка хеламин® объединяет более 20 марок ингибиторов коррозии и отложений, представляющих собой смесь алифатических моно- и полиаминов различной степени летучести. Полиамины, обладая мощным эффектом ПАВ, образуют на металлических поверхностях оборудования защитную гидрофобную пленку, препятствующую контакту металла стальных и медьсодержащих сплавов с агрессивной средой. Помимо антикоррозионного действия полиаминная пленка предотвращает нарастание кристаллов накипеобразователей на поверхности металла, в особенности

в областях напряженного теплообмена. Предотвращается также дальнейшее отложение продуктов коррозии, поступивших в котел, а ранее образованные отложения постепенно разрушаются, переходят в мелкодисперсный шлам и удаляются с продувкой.

На основании полученных позитивных результатов и обобщения опыта ведения хеламинного ВХР за рубежом и в странах СНГ специалистами ООО «Хеламин Проект» совместно с ВТИ и Департаментом НТПиР РАО «ЕЭС России» была разработана технология обработки пароводяного тракта ТЭЦ с помощью хеламина. Кроме торговой марки Helamin® существуют пленкообразующие амины под марками Epuramin® (эпурамин), Cetamin® (цетамин) и некоторые другие менее крупных производителей. Однако компания «Хеламин Проект» смогла монополизировать рынок в России и в данный момент является единственным поставщиком ПОА для российских электростанций. В России же аналоги хеламина сейчас не производятся.

Сравнение затрат на ведение традиционного и хеламинного водно-химических режима.

Таблица

Сравнение стоимости ВХР

Месяц расчета	За каждый месяц, тыс. руб./мес.			Нарастающим итогом, тыс. руб./мес.		
	Традиционный ВХР	Хеламинный ВХР	Разница	Традиционный ВХР	Хеламинный ВХР	Разница
0	746,6	1024,5	-277,9	746,6	1024,5	-277,9
1	58,4	41,7	16,7	805,0	1066,2	-261,2
2	58,4	41,7	16,7	863,4	1107,9	-244,5
3	58,4	19,6	38,8	921,8	1127,5	-205,7
4	53,9	19,6	34,3	975,7	1147,1	-171,4
5	53,9	19,6	34,3	1029,6	1166,7	-137,1
6	53,9	19,6	34,3	1083,5	1186,3	-102,8
7	53,9	19,6	34,3	1137,4	1205,9	-68,5
8	53,9	19,6	34,3	1191,3	1225,5	-34,2
9	53,9	19,6	34,3	1245,2	1245,1	0,1
10	53,9	19,6	34,3	1299,1	1264,7	34,4
11	53,9	19,6	34,3	1353,0	1284,3	68,7
12	53,9	19,6	34,3	1406,9	1303,9	103,0

На основании приведенных данных можно графически представить графики затрат при применении традиционного и хеламинного водно-химического режима и провести их сравнение.

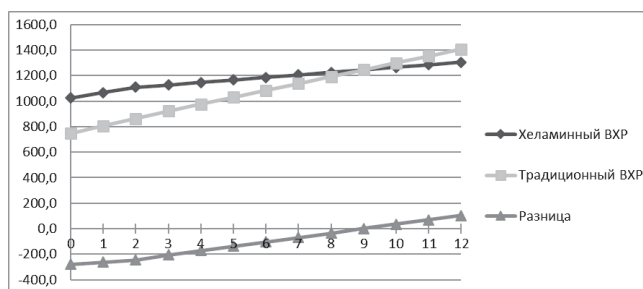


Рис. Сравнение затрат на водно-химические режимы

Как видно из представленных данных, срок окупаемости хеламинного ВХР составляет 9 месяцев. Далее выгоду от применения хеламина можно оценить в 34,3 тыс. руб. ежемесячно.

На начальном этапе затраты на хеламин выше. Это вызвано тем, что сначала необходим большой расход реагента для образования устойчивой защитной пленки на поверхностях нагрева. При нормальной же эксплуатации расход хеламина очень мал, что делает его применение выгодным даже при большой удельной стоимости 556 руб./кг.

### Оценка дополнительной прибыли за счет увеличения надежности оборудования

Расчеты, проведенные ранее, основаны на ценах на реагенты и оборудование, но использование хеламина позволяет получить и дополнительную выгоду.

Как было отмечено выше, введение хеламина в котловую воду способствует образованию защитной пленки на его поверхностях нагрева.

Сторонники применения хеламинного ВХР отмечают следующие его преимущества, связанные с защитной пленкой:

1) увеличение межремонтного периода за счет увеличения надежности оборудования. Это вызвано уменьшением тепловых напряжений труб, которое появляется в первую очередь из-за образования накипи, имеющей маленький коэффициент теплопередачи;

2) улучшение качества воды за счет уменьшения отложений на поверхностях нагрева и уменьшения количества продуктов коррозии в тракте. Это позволяет уменьшить объем непрерывной и частоту периодической продувки. Благодаря этому уменьшается потеря тепла в котле и потеря очищенной воды, на подготовку которой также требуются затраты.

Первый случай можно учесть, увеличив число часов работы блока в году. Второй же напрямую ведет к увеличению КПД за счет уменьшения потерь тепла. Однако кроме вышеуказанных есть и другие преимущества, эффект от которых сложно учесть и рассчитать. На сегодняшний день подобные расчеты не проводились ни на зарубежных, ни на отечественных электростанциях.

Кроме того, по ПТЭ вновь вводимые водно-химические режимы могут быть оценены только спустя 5 лет после начала эксплуатации путем вырезки участков поверхностей нагрева и сравнения с образцами, полученными при эксплуатации с традиционным ВХР на аналогичном блоке [4]. В таком случае детально можно исследовать различия в качестве труб и попытаться рассчитать экономический эффект от использования хеламина, но на данный момент такие трудоемкие исследования еще не проводились.

### Выводы:

1. Применение хеламина вызывает улучшение качества воды, увеличение надежности блока, уменьшение числа ремонтов в единицу времени, увеличение числа часов работы блока, выработку полезной энергии и соответственно прибыль от ее продажи.

2. Использование хеламина выгодно в качестве замены таких реагентов, как гидразин-гидрат, тринатрийфосфат, аммиак и едкий натр, для ведения водно-химического режима на ТЭЦ.

3. Кроме того, эмпирическая оценка изменений прибыли показала, что хеламин имеет скрытые преимущества.

Их сложно рассчитать, но они положительно сказываются на эффективности его внедрения.

4. Применение хеламина позволит снизить эксплуата-

ционные расходы на ведение водно-химического режима, что в конечном итоге окупит инвестиционные затраты и будет приносить стабильную прибыль.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильева М. В. Зарубежный опыт обеспечения надежности электроснабжения // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2013. № 4 (25). С. 144—149.
2. Секретарев Ю. А., Мошкин Б. Н., Мехтиев А. Д. Корреляционно-регрессивный анализ составляющих себестоимости производства энергии на тепловых электрических станциях // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2015. № 2 (31). С. 47—51.
3. Секретарев Ю. А., Мошкин Б. Н. Модели управления ремонтно-восстановительными процессами на тепловых станциях // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2012. № 4 (21). С. 116—120.
4. Методические указания по применению гидразина на энергетических установках тепловых электростанций. РД 34.37.503-94: утв. Департаментом науки и техники РАО «ЕЭС России» 02.06.2008.
5. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-005-88-ssbt> (дата обращения: 13.10.2015).
6. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности: ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-005-88-ssbt> (дата обращения: 13.10.2015).
7. Временный регламент по коррекционной обработке хеламином теплоносителя котлов давлением 2,4—13,8 МПа (хеламинный водно-химический режим). РД 153-34.1-37.534-2002: утв. Департаментом научно-технической политики и развития РАО «ЕЭС России» 28.10.2012.

### REFERENCES

1. Vasilyeva M. V. Foreign experience of providing reliability of power supply // Business. Education. Law. Bulletin of the Volgograd Business Institute. 2013. № 4 (25). P. 144—149.
2. Secretarev Yu. A., Moshkin B. N., Mehdiyev A. D. Correlation-regression analysis of components of the cost of energy production at thermal power plants // Business. Education. Law. Bulletin of the Volgograd Business Institute. 2015. № 2 (31). P. 47—51.
3. Secretarev Yu. A., Moshkin B. N. Models of management of repair and recovery processes at thermal power stations // Business. Education. Law. Bulletin of the Volgograd Business Institute. 2012. № 4 (21). P. 116—120.
4. Guidelines on the use of hydrazine in the power units of thermal power plants. RD 34.37.503-94: approved by the Department of Science and Technology of RAO UES of Russia on 02.06.2008.
5. General hygiene requirements to the working zone: GOST 12.1.005-88 Occupational Safety Standards // Electronic Fund legal and normative-technical documentation [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-005-88-ssbt> (date of viewing: 13.10.2015).
6. Harmful substances. Classification and general safety requirements: GOST 12.1.007-76 Occupational Safety Standards // Electronic Fund legal and normative-technical documentation [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-005-88-ssbt> (date of viewing: 13.10.2015).
7. Provisional procedure of correctional treatment with HELAMIN coolant of boilers with the pressure 2.4-13.8 MPa (HELAMIN water chemistry). RD 153-34.1-37.534-2002: approved by the Department of Science and Technology Policy and Development of RAO UES of Russia on 28.10.2012.

---

**Как цитировать статью:** Кравченко А. В. Повышение эффективности работы электростанций путем коррекции водно-химических режимов // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2015. № 4 (33). С. 90—93.

**For citation:** Kravchenko A. V. Improvement of the efficiency of power plants by correction of water chemistry // Business. Education. Law. Bulletin of Volgograd Business Institute. 2015. № 4 (33). P. 90—93.

---