

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Политехнический институт  
Факультет «Механико-технологический»  
Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой БЖД  
\_\_\_\_\_ / А.И. Сидоров /  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Оценка соответствия принципам НИДСТ (ВАТ–technology) систем очистки воды  
на химико-машиностроительном предприятии

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ – 20.03.01.2017.413ПЗ ВКР

Руководитель работы, доцент  
\_\_\_\_\_ / А.И. Солдатов /  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Автор работы  
студент группы П–459  
\_\_\_\_\_ / А.А. Золотарева /  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Нормоконтролер, доцент  
\_\_\_\_\_ / А.В. Кудряшов /  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Челябинск 2017

## АННОТАЦИЯ

Золотарева А.А. Оценка соответствия принципам НИДСТ (BAT–technology) систем очистки воды на химико-машиностроительном предприятии – Челябинск: ЮУрГУ, 2017г., 57 стр., 8 ил., 4 табл., библиогр. список – 28 наим..

В работе представлена характеристика химико-машиностроительного предприятия, рассмотрено выполнение технико-экономического анализа технологии утилизации сточных вод гальванического производства в контексте критериев технологического нормирования концепции наилучших доступных технологий (BAT), используемой в странах ЕС, и разработка рекомендаций производству по энерго- и ресурсосбережению, адаптировав положительный опыт европейских государств с учетом территориальной, экономической и социальной специфики региона.

					<b>20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Оценка соответствия принципам НИДСТ (BAT–technology) систем очистки воды на химико-машиностроительном предприятии	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Золотарева А.А.</i>					3	57
<i>Пров.</i>		<i>Солдатов А.И.</i>				<i>ЮУрГУ Кафедра БЖП</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Кудряшов А.В.</i>						
<i>Утв.</i>		<i>Сидоров А.И.</i>						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	5
1.1 Наилучшие и доступные современные технологии: концепция Best Available Technology .....	5
1.1.1 Опыт успешной реализации концепции BAT–technology: мировая практика.....	11
1.1.2 Тенденции и нормативно-правовое регулирование концепции BAT–technology в Российской Федерации .....	16
1.2 Существующие методы очистки сточных вод в гальваническом производстве .....	21
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДПРИЯТИЯ .....	24
2.1 Техническое оснащение и административные единицы предприятия.....	24
2.1.2 Характеристика выпускаемой продукции .....	28
2.1.3 Характеристика основных загрязнителей на данном предприятии .....	28
2.1.3.1 Загрязнение атмосферного воздуха .....	28
2.1.3.2 Загрязнение воды.....	29
3 ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРЕДПРИЯТИИ «N» И МЕТОДЫ ИХ ОЧИСТКИ.....	33
3.1 Производство взрывопожароопасных изделий .....	33
3.1.2 Гальваническое производство.....	35
3.2 Методы очистки сточных вод на предприятии .....	35
3.2.1 Очистка цианосодержащих сточных вод.....	36
3.2.2 Очистка хромсодержащих сточных вод.....	39
3.2.3 Очистка кислотнo-щелочных сточных вод.....	41
4 НИДСТ. РЕКОМЕНДАЦИИ .....	43
4.1 Методы очистки сточных вод гальванического производства по принципам НИДСТ .....	43
4.3 Предлагаемая технология очистки .....	52
4.3.1 Характеристика внедряемого оборудования .....	54
4.3.2 Экономическая оценка предлагаемого решения.....	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	58
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	59

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		3

## ВВЕДЕНИЕ

В 2014 году 21 июля был принят Федеральный закон № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации», предусматривающий гармонизацию с нормами международного права. Пунктом 5 статьи 4.2 Закона предусматривается расширение полномочий органов государственной власти Российской Федерации в сфере отношений, связанных с охраной окружающей среды, в том числе установление порядка разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям.

В условиях существующей технологической зависимости национальной экономики от технологий зарубежных стран, а также возрастания риска по ограничению доступа российской промышленности к критическим технологиям особую актуальность приобретает стимулирование инноваций и технологического развития отраслей отечественной промышленности.

Цель работы – выполнение анализа технологии очистки сточных вод гальванического производства химико-машиностроительного предприятия в контексте критериев технологического нормирования концепции наилучших доступных технологий (BAT- technology).

Объект работы – методы очистки сточных вод.

Результаты работы рекомендуется использовать при внедрении НИДСТ на производстве.

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		4

# 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Наилучшие и доступные современные технологии: концепция Best Available Technology

Концепция НИДСТ (НДТ) разрабатывалась и апробировалась с семидесятых годов XX века; понятие «новейшие экономически эффективные разработки» было впервые введено в Европейское законодательство ещё в 1976 году. Через 20 лет была принята Директива ЕС 96/61/ЕС «О комплексном предотвращении и сокращении загрязнения окружающей среды». В 2008 году Директива была кодифицирована; в нее были также внесены изменения, отражающие развитие законодательства ЕС. В настоящее время действует редакция 2008/1/ЕС [1].

Определение, данное в Директиве, звучит следующим образом: «Наиболее эффективные новейшие разработки для различных видов деятельности, процессов и способов функционирования, которые свидетельствуют о практической целесообразности использования конкретных технологий в качестве базы для установления разрешений на выбросы/сбросы (загрязняющих веществ) в окружающую среду с целью предотвращения загрязнения, или, когда предотвращение практически невозможно, минимизации выбросов/ сбросов в окружающую среду в целом». При этом под «технологией» понимается как используемая технология, так и способ, с помощью которого объект спроектирован, построен, эксплуатируется и выводится из эксплуатации. Под «доступной» понимается технология, которая достигла уровня, позволяющего обеспечить ее внедрение в соответствующем секторе промышленности с учетом экономической и технической обоснованности, принимая во внимание затраты и преимущества; при этом субъект хозяйственной деятельности, на котором предполагается внедрение такой технологии, должен иметь к ней доступ, вне зависимости от того, разработана ли обсуждаемая технология в том государстве-члене ЕС, в котором предполагается ее использование. Наконец, под

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		5

«наилучшей» понимается технология, основанная на достижении общего высокого уровня защиты окружающей среды.

Директива 2008/1/ЕС представляет собой эффективный инструмент природоохранного управления государств-членов ЕС. В отличие от ряда других документов, направленных на защиту водного бассейна, воздуха, минимизацию отходов, Директива исповедует комплексный подход к окружающей среде как к целому и описывает процедуру выдачи промышленным предприятиям комплексных разрешений на все виды воздействия на окружающую среду [2].

Действие Директивы распространяется на все крупные предприятия, которые относятся к категории оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду и потребляющих большие количества энергии и сырья. Такие предприятия обязаны неукоснительно соблюдать требования Директивы (изложенные в самом общем виде). Соблюдение требований основано на том, что предприятия должны получить так называемые комплексные разрешения (на выбросы, сбросы, размещение отходов) и жестко следовать требованиям, описанным в этих документах.

В процессе выдачи комплексных разрешений на выбросы-сбросы и размещение отходов для европейских предприятий участвуют следующие стороны:

– компетентные органы (как правило, региональные или местные департаменты министерств (агентств) по охране окружающей среды) 25 государств-членов ЕС, непосредственно отвечающие за выдачу разрешений на основе НИДСТ;

– Европейская Комиссия и, в частности, Директорат по окружающей среде (подразделение G.2 «Промышленность»), в задачу которых входит мониторинг выполнения Директив ЕС странами-членами;

– эксперты стран-членов из национальных министерств (агентств) охраны окружающей среды, других государственных ведомств и промышленности, обеспечивающие сбор и обмен информацией о НИДСТ;

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		6

- общественные экологические организации, участвующие в обмене информацией о НИДСТ и общественном обсуждении проектов разрешений;
- Форум по обмену информацией, созданный в соответствии с решением Европейской комиссии;
- Европейское бюро по предотвращению и контролю загрязнения (КПКЗ) окружающее среды и Совместный исследовательский центр ЕС в Севилье (Испания);
- экспертная группа КПКЗ и информационная сеть по вопросам применения европейского природоохранного законодательства.

Ко всем вновь создаваемым объектам предъявляется требование соответствия наилучшей доступной технологии.

Важным элементом директивы 2008/1/ЕС является перечень критериев, в соответствии с которыми следует оценивать, является ли данная технология наилучшей доступной.

К числу критериев НИДСТ, кроме соотношения издержек и выгод, в частности, относятся:

- использование малоотходной технологии;
- использование веществ, в наименьшей степени опасных для человека и окружающей среды;
- возможность регенерации и рециклинга веществ, использующихся в процессе;
- предыдущее успешное использование в промышленном масштабе сопоставимых процессов, установок, методов управления;
- технологические преимущества и повышение уровня научных знаний;
- природа, характер воздействия и удельные значения масс выбросов и сбросов, связанных с процессом;
- срок ввода в эксплуатацию для новых и существующих установок;
- сроки внедрения НИДСТ;
- потребление и характер сырья (включая воду), используемого в процессе;
- энергоэффективность;

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		7

- общее негативное воздействие выбросов-сбросов на окружающую среду и связанные с этим риски;
- вероятность аварий и связанные с этим риски.

Следует подчеркнуть, что использование НИДСТ предприятием не является альтернативой соблюдения нормативов качества окружающей среды. Директива 2008/1/ЕС прямо указывает на то, что если обеспечение нормативов качества окружающей среды требует более жестких условий разрешения, чем могут быть достигнуты с помощью НИДСТ, то в разрешении могут быть потребовано «выполнение дополнительных мероприятий без ущерба другим мерам, которые могут быть предприняты для соблюдения нормативов качества окружающей среды». Тем самым качество окружающей среды остается на первом месте. Само понятие «нормативов качества окружающей среды» является достаточно широким и определено как «набор требований обязательных для выполнения в данное время для данной окружающей среды или ее части, соответствии с законодательством ЕС».

В соответствии со статьей 16 (2) Директивы 2008/1/ЕС необходимо, чтобы Европейская Комиссия организовала «обмен информацией между государствами-членами и отраслями промышленности, заинтересованными во внедрении наилучших доступных технологий, и связанном с этим обменом мониторинге и развитием в данной области» [3].

В связи с этим было принято решение учредить Европейское Бюро, под эгидой которого был организован Форум по обмену информации в области наилучших доступных технологий, и специализированные отраслевые технические рабочие группы. Основным результатом деятельности этого Европейского Бюро стали рекомендательные Справочные документы по наилучшим доступным технологиям. Информация, содержащаяся в этих документах, предназначена для того, чтобы её можно было использовать при намерении внедрить НИДСТ на конкретном предприятии.

Отраслевые Справочные документы содержат описание комплексных производственных процессов (технологий, методов), начиная с добычи сырья и

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
						8
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		



кончая отправкой готовой продукции, которые считаются НИДСТ для рассматриваемой категории промышленных объектов, включая соответствующие природоохранные параметры и мероприятия. Как правило, в каждом документе имеются следующие разделы:

- обзор состояния и развития отрасли:

- общая информация относительно рассматриваемой отрасли промышленности и относительно промышленных процессов, используемых в этой отрасли. Дается краткий обзор структуры и характера отрасли и ключевых проблем экологической безопасности и потребления невозобновляемых ресурсов, характерных для отрасли;

- обобщенные сведения (по отрасли) об удельных характеристиках ресурсо- и энергопотребления (ресурсо- и энергонасыщенности продукции) и удельных экологических характеристиках:

- данные относительно уровней потребления сырья и энергии на единицу выпускаемой продукции, а также об удельных выбросах, сбросах и объемах образования отходов отражающих ситуацию на объектах хозяйственной деятельности, эксплуатируемых в период написания BREF-документа;

- детальные сведения о технологических, технических решениях, особенностях эксплуатации оборудования и пр.:

- подробное описание методов и технологий ресурсо- и энергоэффективного производства, предотвращения на окружающую среду, методов и подходов к сокращению выбросов, сбросов и образования отходов, а также других методов и технологий, которые являются наиболее уместными при определении НИДСТ. Эта информация включает в себя удельные значения потребления сырья, материалов и энергии, а также удельные значения выбросов, сбросов и образования отходов, рассматриваемые как достижимые при использовании технологий;

- экономические сведения, сроки применения технологий и технических решений, информация о перспективных разработках:

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		9

– важным является ограничение в сроках применимости технологии. Она может быть применимой к модернизации на любом сооружении или может быть внедрена только на новом заводе;

– экономическая информация о затратах, экономии, капитальных и эксплуатационных затратах и других способах, которыми технология может оказать воздействие на экономические показатели процесса;

– раздел, посвященный новейшим технологиям, как предполагается, дает некоторую информацию относительно новых событий в секторе и может использоваться как ориентир для будущей работы, направленной на рассмотрение любых Справочных документов по НИДСТ.

При этом в Справочных документах не обсуждаются предельно допустимые концентрации, состояние окружающей среды и не приводятся значения предельно допустимых выбросов, сбросов, объемов образования отходов.

В настоящее время разработаны Справочные документы для 26 отраслей промышленности, подпадающих под действие Директивы 2008/1/ЕС, включая металлургию и металлообработку, химическую и нефтеперерабатывающую промышленность, производство строительных материалов, производство электроэнергии на крупных теплоэлектростанциях, целлюлозно-бумажную и текстильную промышленность, переработку отходов, интенсивное животноводство и пр.

Справочные документы не являются предписаниями. Они не устанавливают и не предлагают предельные значения выбросов / сбросов ни для промышленного сектора, ни на национальном, региональном, или местном уровне. Прежде всего, эти документы представляют собой ценный источник информации для самих субъектов хозяйственной деятельности, поскольку они содержат сведения о наиболее эффективных решениях, направленных на рационализацию использования ресурсов и сокращение негативного воздействия на окружающую среду. Для природоохранных органов, ответственных за комплексную разрешительную процедуру, Справочные документы представляют собой ссылочные материалы, дающие возможность четко сформулировать требования,

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		10

которые могут быть предъявлены к предприятиям (и включены в соответствующие разрешения).

Также необходимо подчеркнуть, что при том, что сами документы носят рекомендательный Справочный характер и не являются обязательными для исполнения, Директива 2008/1/ЕС фактически обязывает предприятия либо внедрять технологические и технические решения, описанные в Справочных документах, либо разрабатывать и (или) использовать альтернативные решения, доказывая, что с точки зрения удельного потребления ресурсов и воздействия на окружающую среду эти решения не уступают решениям НИДСТ.

Можно сказать, что демонстрация соответствия «рекомендательным» требованиям вступает в качестве условия демонстрации соответствия требованиям Директивы 2008/1/ЕС. В качестве дополнительных условий выступают требования, связанные с качеством окружающей среды. В Справочных документах они никак не отражены, но последнее слово при выдаче разрешений остается за природоохранными и регулирующими органами, которые должны, в соответствии с Директивой 2008/1/ЕС, оценить адекватность предоставленной предприятиями информации и учесть состояние окружающей среды в месте расположения предприятия [4].

Кроме отраслевых документов существуют так называемые «горизонтальные» Справочные документы, имеющие «сквозной» характер и применимые для всех (или многих) отраслей промышленности. В их числе следует упомянуть Справочные документы по промышленным системам охлаждения, по принципам (производственного экологического) мониторинга, по обеспечению энергоэффективности, по оценке экономических аспектов и вопросов воздействия на различные компоненты окружающей среды в контексте ККПЗ.

1.1.1 Опыт успешной реализации концепции ВАТ–technology: мировая практика

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		11

Несмотря на то, что в разных странах могут применяться различные подходы при внедрении НИДСТ, существуют общие элементы (особенно это характерно для стран ЕС), среди которых можно выделить:

- нормативно-правовые основы, в том числе наличие национального и/или наднационального законодательства;
- виды промышленной деятельности, на которые распространяется выдача комплексного разрешения и которые подлежат оценке с целью определения НИДСТ;
- уполномоченный орган, выдающий комплексное разрешение;
- срок действия комплексного разрешения (данный параметр сравнения является важным, поскольку если в течение срока действия комплексного разрешения не были внесены изменения в применяемые технологии, то проведение дополнительной оценки НИДСТ в данный период времени может не потребоваться);
- уполномоченный орган, ответственный за НИДСТ/разработку справочников;
- документы, применяемые для оценки технологий (например, справочники НИДСТ, стандарты или другие документы);
- технические рабочие/экспертные группы, основные функции которых должны быть связаны с разработкой/применением справочников НИДСТ с целью проведения оценки технологий;
- информационные ресурсы, в том числе – реестр НИДСТ;
- система подготовки экспертов в области НИДСТ;
- количество технологий промышленных предприятий принимающих НИДСТ.

Для стран ЕС характерно применение некоторых общих элементов и подходов, представленных ниже, связанных с внедрением НИДСТ, что способствует выработке единой позиции для проведения оценки, а также максимальной гармонизации национального законодательства, учитывающего практики и подходы всех государств-членов ЕС. Страны ЕС уже давно ведут

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		12

работу в области разработки и применения комплексного (интегрированного) подхода к предотвращению и контролю загрязнений [5].

На национальном уровне все страны ЕС имеют квалифицированных специалистов в области НИДСТ (в том числе за счет наличия в стране системы подготовки экспертов в области НИДСТ), многие из которых вовлечены в состав ТРГ для разработки соответствующих справочников, а также технические экспертные группы для имплементации положений справочников в национальное законодательство, разработки национальных нормативных документов, а также оценки технологий. Одним из единых информационных ресурсов, применяемых странами ЕС, является IRIS (Industrial emissions Reporting Information System – Информационная система отчетности по промышленным выбросам), созданная Департаментом окружающей среды Европейской комиссии при поддержке Европейского агентства по охране окружающей среды. Данный ресурс отражает сводку информации, представленной странами ЕС, по реализации ряда законодательных актов по промышленным выбросам, в том числе содержит данные о том, как Директива IPPC реализуется в каждом государстве-члене ЕС, а также анализ данных о предельно допустимых выбросах (ПДВ) за отчетный период. Страны ЕС ведут реестр объектов, применяющих НИДСТ, в том числе собирают информацию по технологиям, которые используются (или могут быть использованы) в качестве НИДСТ. В настоящий момент в ЕС количество промышленных установок, на которые распространяется действие директивы IPPC, составляет 52 тыс. [6].

- Федеративная Республика Германия

В 1974 г. в Германии было создано Федеральное агентство по окружающей среде (UBA), которое является уполномоченным органом по НИДСТ и национальным координационным органом в международном процессе. Национальной нормативно-правовой основой в области НИДСТ и выдачи комплексных разрешений являются: Закон о борьбе с загрязнением, Закон о водных ресурсах и Закон о циркуляции и утилизации отходов.

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		13

В национальное законодательство Германии также имплементированы положения справочников НИДСТ (BREF), в соответствии с которыми были пересмотрены подзаконные нормативные акты для установления национальных норм выбросов для загрязнителей воздуха и сброса сточных вод. Помимо справочников, в Германии существуют технические инструкции по контролю качества воздуха (TALuft), которые применяются для новых установок, а также в реконструкции существующих объектов, однако, если новые или пересмотренные справочники НИДСТ публикуются Европейской комиссией, требования к TALuft не отменяются. Закон «О чистом воздухе», который вступил в силу 01.10.2002 г., также содержит значительный перечень лицензируемых установок выбросов, а также структурные и эксплуатационные требования в соответствии с улучшенным уровнем техники [7].

Все усовершенствования, указанные в справочниках НИДСТ, были учтены. Уполномоченными органами, выдающими комплексное разрешение, являются: региональные органы власти Федерального агентства по окружающей среде 16 федеративных земель Германии.

- Королевство Бельгия

Полномочия по охране окружающей среды в Королевстве Бельгия на региональном уровне. Национальной нормативно-правовой основой является решение правительства Фландрии от 01.06.1995 г. об общих и секторальных положениях, касающихся экологической безопасности (VLAREM). Данный документ требует от операторов, чтобы НИДСТ применялись для защиты людей и окружающей среды как при выборе методов уменьшения уровня выбросов, так и при выборе мер по сокращению источников (адаптированные методы производства, управления материальными потоками и т.д.). Это обязательство также относится и к усовершенствованиям технологий, а также к видам деятельности, которые сами по себе не представляют опасности для окружающей среды.

VLAREM также предусматривает, что предельные значения выбросов, эквивалентные параметры и технические меры, основанные на НИДСТ, без

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		14

предписания могут быть использованы в любой технике или конкретной технологии, принимая во внимание технические характеристики и географическое положение соответствующей установки и местные условия окружающей среды [8].

Уполномоченным органом, ответственным за разработку справочников, является Центр по НИДСТ, который был учрежден при Институте VITO в 1995 г. по запросу национального правительства. Центр собирает информацию о доступных экологически благоприятных технических методах, выбирает НИДСТ и на этой базе формирует условия природоохранного лицензирования. Данная организация обеспечивает распространение информации о справочных документах по НИДСТ среди предприятий и разрешительных органов во фламандском регионе, дает дополнительные разъяснения по применению справочников НИДСТ в форме выдержек из контрольных перечней НИДСТ и разрабатывает практические инструменты оценки экономической доступности и эффективности возможных капиталовложений в НИДСТ.

Уполномоченными органами, выдающими комплексное разрешение, являются: центральный природоохранный орган, который разрабатывает проекты комплексных разрешений и муниципалитет, основная функция которого — официальная выдача данного документа [9].

- Великобритания

В Великобритании выдается два вида разрешений: комплексные и по отдельным средам. Национальной нормативно-правовой основой является: MCERTS (Monitoring Certification Scheme). Уполномоченным органом, выдающим комплексное разрешение, является Агентство по охране окружающей среды—исполнительный вневедомственный государственный орган, подчиняющийся Министерству охраны окружающей среды. На региональном уровне разрешения выдают отделения Агентства.

Агентством разработаны стандартные нормативные заявления, в которых прописаны руководящие принципы определенной деятельности. Если оператор согласен выполнять данные требования, то специальное комплексное разрешение

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		15

ему не требуется. В случае, если деятельность оператора не учитывает стандартные требования, то ему необходимо подавать заявку на получение специального разрешения [10].

В качестве дополнительных документов к европейским справочникам НИДСТ в Великобритании' применяются Review of BAT.

Следует отметить, что в Англии и в Уэльсе сфера действия комплексных разрешений расширена: было добавлено требование по системе управления окружающей средой.

В связи с особенностями государственного устройства Великобритании процессы выдачи комплексных разрешений в разных регионах существенно различаются. Например, Уэльс, Шотландия и Северная Ирландия имеют определенную автономию при формировании национального законодательства.

- Чешская Республика

Уполномоченным органом, ответственным за НИДСТ/разработку справочников, является Агентство по комплексному предотвращению и контролю загрязнений при Министерстве охраны окружающей среды. В его полномочия входит подготовка экспертного заключения на заявку о выдаче комплексного разрешения, а также организация технических рабочих/экспертных групп для разработки, имплементации справочников НИДСТ, анализа и оценки технологий.

Следует отметить, что правительство Чешской Республики обеспечило полный перевод всех справочников НИДСТ, имеющих отношение к национальной промышленности.

### 1.1.2 Тенденции и нормативно-правовое регулирование концепции BAT-technology в Российской Федерации

Дословный перевод «best available techniques» – «наилучшие доступные технологии», однако в Российском природоохранном законодательстве используется термин «наилучшие существующие технологии» или «наилучшие и доступные современные технологии». Данная трактовка термина вызывает

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		16



дискуссии в среде специалистов, занимающихся охраной окружающей среды в промышленности, поскольку «существующая» предполагает только факт существования такой технологии, а «доступная» – также факт ее доступности.

Наилучшая существующая технология – технология, основанная на последних достижениях науки и техники, направленная на снижение негативного воздействия на окружающую среду и имеющая установленный срок практического применения с учетом экономических и социальных факторов.

В соответствии с принципом НИДСТ, нормирование негативного воздействия на окружающую среду должно основываться на базе технологий, отвечающих последним экономически доступным достижениям науки при минимальном уровне воздействия на экосистемы [11].

В целях предотвращения негативного воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности в рамках российского законодательства установлены требования по разработке нормативов допустимых выбросов/сбросов веществ и микроорганизмов в окружающую среду, нормативов допустимых физических воздействий (количества тепла, уровни шума, вибрации и пр.) на окружающую среду, нормативов образования отходов производства и потребления, которые должны обеспечивать соблюдение нормативов качества окружающей среды.

При этом установление нормативов допустимых выбросов и сбросов согласно ст.ст. 19 и 23 ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ должно исходить из нормативов качества окружающей среды и технологических нормативов, а также с учетом международных правил и стандартов в области охраны окружающей среды.

Однако, несмотря на наличие в законодательстве основополагающих положений, касающихся нормирования на основе показателей НСТ (НИДСТ), применение данного подхода затруднено ввиду отсутствия должного механизма реализации установленных норм. Отсутствие соответствующего нормативно-правового обеспечения рассматриваемой проблемы увеличивает риск

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		17

необоснованного повышения экологических платежей за выбросы/сбросы и размещение отходов производства и потребления.

Принимая во внимание положение дел в сфере природоохранных отношений в Российской Федерации, а также наличие положительного западного опыта, желание и готовность бизнеса внедрять НИДСТ, можно заключить, что имеются все основные предпосылки для введения в России системы нормирования, основанной на НИДСТ.

Таким образом, для повсеместного улучшения экологической обстановки в Российской Федерации целесообразно адаптировать положительный опыт европейских государств с учетом территориальной, экономической и социальной специфики РФ и устранить противоречия между положениями действующего законодательства и практикой регулирования в части нормирования допустимого воздействия на окружающую среду [12].

В рамках осуществления мероприятий по совершенствованию системы нормирования необходимо привязать нормативы допустимого воздействия на окружающую среду к существующим технологиям и обеспечить постепенное снижение выбросов/сбросов вслед за улучшением стандартов производства. В этих координатах будут заданы и параметры перспективных программ по модернизации производства. Важно также отметить, что ужесточение административной ответственности юридических лиц, как и повышение платы за воздействие на окружающую среду, неэффективны без использования экономических рычагов в целях обеспечения рациональной и экологически ответственной организации производства. Только такой подход позволит пройти период финансово-экономического кризиса с наименьшими потерями и повысить качество промышленного развития.

Восстановительный период после кризиса может продолжаться несколько лет. Необходимо использовать этот период для перехода на НИДСТ, что, несомненно, положительный скажется на состоянии экономики.

Реализация концепции должна осуществляться в два этапа:

– подготовительный, характеризующийся созданием правовой базы, необходимой для совершенствования системы нормирования и перехода предприятий на НИДСТ;

– переходный, в течение которого будет осуществляться фактический переход предприятий на НИДСТ.

На начальном этапе мероприятия по переходу на нормативы качества должны включать следующее: сокращение перечня веществ, в отношении которых устанавливаются нормативы, определение порядка измерения и соблюдения среднегодового показателя ПДК, учет природных и климатических особенностей территорий и акваторий. Учет при нормировании качества окружающей среды физических и биологических показателей необходим, но не является первоочередной мерой.

В настоящее время у природоохранных органов, как и у большинства предприятий, отсутствует техническая возможность по контролю и мониторингу большинства веществ, на которые установлены нормативы ПДК. Систематический контроль осуществляется периодически в отношении не более трех процентов от общего количества таких веществ, при этом предприятия обязаны соблюдать нормативы ПДК постоянно, независимо от внештатных ситуаций. Кроме того, отсутствует механизм их пересмотра и обновления.

Таким образом, необходимо сократить количество веществ, в отношении которых устанавливаются нормативы и за которыми осуществляется контроль, а также регламентировать процедуру пересмотра и обновления перечня таких веществ. Подобное преобразование приведет к повышению реалистичности расчета величин выбросов/сбросов для предприятий, усовершенствованию процедуры выдачи разрешений на выбросы/сбросы, эффективности системы государственного и производственного экологического контроля и мониторинга.

Фактическому переходу предприятий на НИДСТ должны предшествовать разработка перечней НИДСТ и утверждение порядка осуществления такого перехода.

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		19

Для разработки перечней НИДСТ необходимо, прежде всего, провести работу по определению видов деятельности, для которых необходимо установление НИДСТ, и систематизации типовых для каждой отрасли промышленности технологий и технологических процессов. Данная работа в силу ее специфики должна проводиться как заинтересованными органами государственной власти, так и представителями промышленности, различными отраслевыми объединениями и экспертами. В результате, перечень видов производственной деятельности, в отношении технологических процессов которых будет устанавливаться НИДСТ, должен быть включен во вновь принимаемое постановление Правительства РФ о порядке формирования и ведения перечней НИДСТ [13].

Показателем эффективности перехода предприятия на использование наилучших доступных технологий будет являться технологический норматив предприятия, т.е. его удельные показатели, которые представляют собой:

- удельные показатели образования загрязняющих веществ, т.е. количество загрязняющих веществ, образующихся в результате применения технологических процессов в промышленном производстве, выраженные в кг на тонну выпускаемой продукции или единицу энергии;
- удельные показатели выбросов/сбросов, т.е. количество поступающих в окружающую среду веществ, выраженное в кг на тонну выпускаемой продукции или единицу энергии.

Последовательность перехода на НИДСТ предприятий будет выглядеть следующим образом:

- оценка производственной деятельности предприятия и подготовка плана модернизации. Подготовка плана модернизации необходима в случае, если объем выбросов/сбросов предприятия не будет соответствовать устанавливаемому нормативу предельно допустимого воздействия. План модернизации должен содержать описание производственной деятельности и этапы внедрения НИДСТ, выбранной из перечня НИДСТ и достаточной для достижения нормативов допустимого воздействия;

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
						20
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		

– согласование плана модернизации и установление временно согласованных лимитов. План модернизации подлежит согласованию с полномочным территориальным органом управления, принимающим во внимание природные особенности территории, на которой осуществляется деятельность, экономические, технологические и социальные факторы. В результате согласования плана модернизации в отношении предприятия будут установлены временно согласованные лимиты на выбросы/сбросы. Также будет согласована программа зачета средств, направляемых предприятием на модернизацию, в счет платы за негативное воздействие;

реализация плана модернизации и поэтапное внедрение НИДСТ.

В ходе реализации плана модернизации полномочный территориальный орган управления будет вправе осуществлять контрольные мероприятия за соблюдением предприятием установленных лимитов и этапов модернизации. В течение проведения модернизации целевые нормативы предельно допустимых выбросов/сбросов пересматриваться не должны. Результатом внедрения НИДСТ будет являться достижение предельно допустимых нормативов и перевод производственной деятельности предприятия на более экологически чистые технологии [14]. В дальнейшем нормативы могут быть пересмотрены с целью стимулирования продолжения процесса модернизации и улучшения экологической обстановки в России.

## 1.2 Существующие методы очистки сточных вод в гальваническом производстве

В различных отраслях народного хозяйства страны, в первую очередь, в машиностроении, приборостроении, авиастроении, широко применяется технология нанесения гальванических покрытий. Гальваническое производство является одним из крупных потребителей цветных металлов и достаточно дорогих химикатов.

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		21

При химических покрытиях и подготовительных операциях потери химикатов с промывными водами иногда в десятки раз превышают их расход на обработку поверхности. Так как процесс нанесения покрытия связан с электрохимическим гидролизом солей, то сточные воды таких производств содержат большое количество ионов тяжелых металлов (хром, медь, никель, цинк, кадмий, свинец, олово) и остатки солей или их соединения (хлориды, сульфаты, цианиды, нитраты), также возможно присутствие аммиака.

Сточные воды гальванического производства, как известно, включают в себя разбавленные стоки (промывные воды) и концентрированные растворы (моющие, обезжиривающие, травильные, цианосодержащие и хромосодержащие электролиты).

В настоящее время в связи с существенным ухудшением экологической обстановки во многих регионах России и регулярным повышением уровня требований к мерам по защите окружающей среды от загрязнений роль эффективной и качественной работы промышленных очистных сооружений постоянно возрастает. Качественная очистка промышленных стоков является весьма актуальным вопросом для самых различных отраслей промышленности.

Суть очистки сточных вод гальванического производства от тяжелых металлов заключается в переводе растворенных ионов металлов в нерастворенные химические соединения с последующим отделением и обезвоживанием твердой фазы.

Промышленные стоки могут быть очищены различными методами: механическим, реагентным, электрохимическим, ионообменным, мембранным. На многих предприятиях предусмотрена система мер, позволяющих обеспечить снижение загрязнения водоемов промышленными и бытовыми отходами, разработаны и внедряются безводные и маловодные технологические процессы; используются локальные методы эффективной очистки и доочистки сточных вод с утилизацией всех уловленных веществ; внедряются оборотные и замкнутые системы водоснабжения предприятий. Использование сточных вод в таких системах связано с необходимостью создания эффективных локальных методов,

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		22

аппаратов и оборудования для очистки промышленных стоков от механических, химических, физических и биологических загрязнений.

Задачи работы:

- определить основные загрязнители, образующиеся на гальваническом производстве;
- выявить наиболее опасные загрязнители окружающей среды, используемые на производстве;
- проанализировать основные методы очистки сточных вод, используемые на предприятии;
- предложить рекомендации химико-машиностроительному производству, направленные на модернизацию систем очистки сточных вод.

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		23

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДПРИЯТИЯ

### 2.1 Техническое оснащение и административные единицы предприятия

Химико-машиностроительное предприятие «N» имеет ведомственную принадлежность – Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, Департамент промышленности обычных вооружений, боеприпасов и спецхимии.

Производственные здания и сооружения на территории предприятия в основном одноэтажные, бытовые помещения – двухэтажные, а здания и заводоуправления – пятиэтажные. Здания кирпичные и частично из железобетонных панелей, кровля мягкая. Огнестойкость зданий согласно СНиП 2.01.02-85 «Противопожарные нормы» – первой и второй степени, а по взрывоопасности они относятся к категориям А, Ал, Б, В.

Площадь промплощадки составляет около 340 га, длина периметра – около 9,2 км. Санитарно-защитная зона установлена предприятию шириной 100 м. В закрытых районах промплощадки население не проживает, места массового скопления людей отсутствуют. На рисунке 1 представлен ситуационный план предприятия.

Химико-машиностроительное предприятие «N» относится к пожаро-взрывоопасным объектам и включено в реестр потенциально опасных объектов Челябинской области.

К опасным веществам, обращающимся на предприятии, относятся пороха, взрывчатые вещества, пиротехнические составы и изделия из них. Годовой размер запасов опасных веществ на предприятии составляет около 46,8 т (в пересчете на тротильный эквивалент). В связи с тем, что на предприятии перерабатывается менее 50 тонн взрывоопасных веществ, на основании требований Федерального закона «О промышленной безопасности» разработка Декларации безопасности не требуется.

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		24



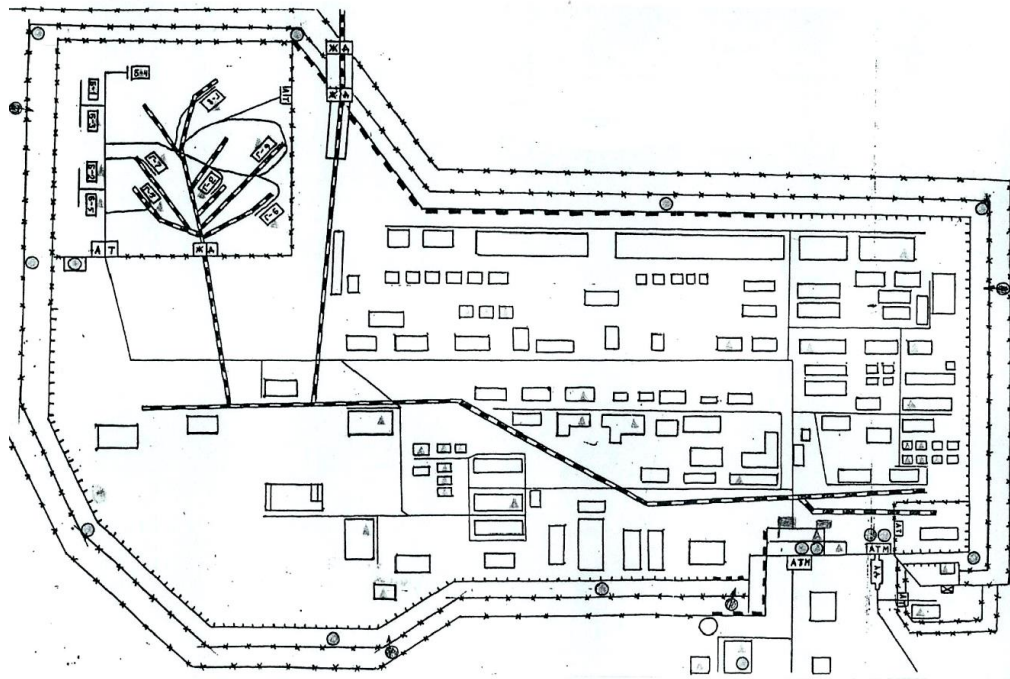


Рисунок 1 – Ситуационный план предприятия «N»

Предприятие химико-машиностроительное предприятие «N» является производителем пожаровзрывоопасных и пиротехнических изделий. К их числу относятся развлекательная пиротехники, фейерверки и некоторые виды взрывчатых веществ и боеприпасов.

На складах, где хранят огне- взрывоопасную продукцию, производится прием, хранение и отпуск готовых изделий, упакованных в металлические, деревянные или картонные ящики. В расходных погребках производится прием, хранение и отпуск полуфабрикатов и комплектующих в металлических коробках, а пиротехнических составов – в лотках, изготовленных из цветного металла.

Структура данного предприятия имеет следующий вид:

Главные действующие цеха:

- Цех №2 ( прессование и сборка изделий, мешка и сушка компонентов изделий );
- Цех № 11 ( деревообработка, металлообработка, гальваника, картонажные участки);
- Цех № 40 ( энергетическая служба– включает в себя водонасосные подстанции, котельные, очистные сооружения);

– Цех №10 (обработкой металла и гальваника).

Службы:

- отдел главного механика (ОГМ);
- служба транспортного и складского хозяйства (СТиСХ);
- отдел управления собственностью (ОУС);
- центральная заводская лаборатория (ЦЗЛ);
- химико-технологическая лаборатория (ХТЛ);
- служба метеорологического обеспечения (СМО);
- служба охраны труда (СОТ);
- отдел мобилизации и гражданской обороны (ОМПиГО);
- информационно-вычислительный центр (ИВЦ);
- котельная;
- здравпункт.

Численность завода составляет – 670 человек.

Всего на предприятии определено приказом генерального директора 7 режимных помещений, в которых проводятся работы со сведениями, составляющими государственную тайну.

На рисунке 2 представлена роза ветров химико-машиностроительного предприятия «N».

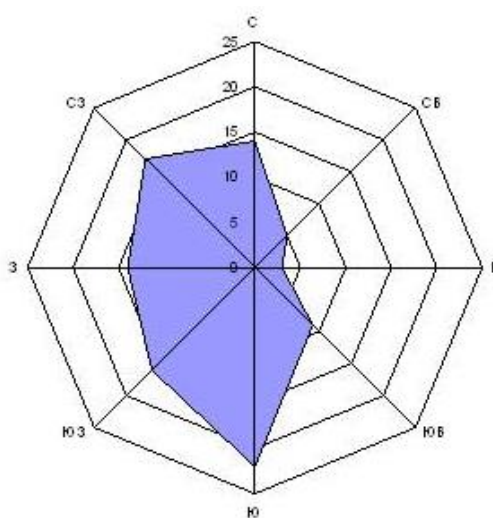


Рисунок 2 – Роза ветров химико-машиностроительного предприятия «N»

Таблица 1 – Характеристика местности предприятия «N» и природно-климатических условия

Условие	Характеристика					
Описание рельефа и окружающей местности	Рельеф площадки равнинный слабовсхолмленный, с наличием небольших блюдцеобразных западин, затрудняющих сток поверхностных вод, что обуславливает частичное заболачивание территории. Общий уклон площадки отмечается в северо-западном направлении.					
Характеристика почвы	Выщелоченные черноземы с низким содержанием гумуса, суглинков средний и лесные оподзоленные почвы					
Наличие и краткая характеристика растительности	Лесостепная растительность –березовые, осиновые и сосновые деревья. Они занимают низины Травянистый покров состоит из мятлика, овсяницы, тимофеевки, костреца, пырея, коротконожки. Наиболее характерны зопник клубненосный и подмаренник. На опушках растут пижма, полынь, горошек, змееголовник, девясил, душица, зверобой, спаржа лекарственная и другие виды, а также грибы.					
Характеристика климата района расположения объекта	Климат города умеренный, по общим характеристикам относится к умеренному континентальному (переходный от умеренно-континентального к резко континентальному)					
Средняя годовая температура воздуха	от 5 до 17°С					
Абсолютный минимум температуры	-49°С					
Абсолютный максимум температуры	+42°С					
Преобладающее направление ветра	В январе-мае, в основном, преобладают ветры южного и юго-западного направления со средней скоростью 3–4 м/с. При метелях максимальная скорость увеличивается до 16–28 м/с. В июне-августе ветер дует с запада и северо-запада, средняя скорость не увеличивается, но при грозах наблюдается кратковременное шквалистое усиление ветра до 16–25 м/с. В сентябре-декабре ветер поворачивает на южный и юго-западный, средняя скорость ветра составляет 3 м/с, максимальная 28 м/с.					
Средняя годовая скорость ветра	3–4 м/с					
Максимальная скорость ветра	До 28 м/с					
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата	20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
						27

Средняя многолетняя сумма осадков	410–450 мм.
Относительная влажность воздуха	35–90 %

### 2.1.2 Характеристика выпускаемой продукции

В настоящее время предприятие выпускает пожаровзрывоопасные изделия: реактивные патроны различных диаметров; осветительные, сигнальные одно- и многозвездные, дымовые, звуковые и зажигательно-дымовые патроны. Высотные фейерверки различных калибров. Изделия для имитации очагов пожара (возгораний, взрывов) при тренировках личного состава специальных и пожарных частей, собственно средства ближнего боя.

Пиротехнические изделия обладают способностью создания светового, дымового и звукового эффекта, который достигается посредством горения либо взрыва специального пиротехнического состава.

### 2.1.3 Характеристика основных загрязнителей на данном предприятии

Обострение экологических проблем связанных с повышенной нагрузкой на окружающую среду связано в первую очередь с отсутствием экологических стратегий многих предприятий, таких как, например, завод «N».

В большинстве случаев это наблюдается из-за недостаточного финансирования, необходимого для внедрения экологически безопасных технологий и производств, обеспечения надёжной, эффективной работы очистных сооружений, установок средств контроля за окружающей средой [15].

Химико-машиностроительное предприятие «N» является потенциальными загрязнителями окружающей среды: воздушного пространства и поверхностных водных источников.

#### 2.1.3.1 Загрязнение атмосферного воздуха

Если рассматривать вредоносность отходов производства для атмосферного воздуха, то её можно свести к минимуму, поскольку кроме действующей на территории предприятия котельной, ничто больше не является источником загрязнения воздуха.

В процессе сжигания твердого или жидкого топлива в атмосферу выделяется дым, содержащий продукты полного (диоксид углерода и пары воды) и неполного (оксиды углерода, серы, азота, углеводороды и др.) сгорания. Но, по техническим причинам котельная работает не в полном режиме (раз в неделю), поэтому количество и концентрация выбросов не превышает предельно допустимых значений.

#### 2.1.3.2 Загрязнение воды

На данный момент на химико-машиностроительном предприятии «N» наибольшую угрозу окружающей среде наносят сточные воды, так как именно в них содержатся канцерогенные вещества, пагубно влияющие на водоемы.

Построенные для цеха № 10, а позже и для цеха № 2 сооружения, для очистки сточных вод гальванического производства, снижают содержание вредных веществ (таких как: хромовый ангидрид, молотый тальк, формальдегидные смолы, бихромат калия и т.д.), но по-прежнему продолжают превышать предельно допустимые концентрации в десятки раз.

Сточные воды гальванического производства включают в себя разбавленные стоки (промывные воды) и концентрированные растворы (моющие, обезжиривающие, травильные, цианосодержащие и хромосодержащие электролиты) которые также поступают от производства пожаровзрывоопасных веществ.

На участках гальванических и химических покрытий цеха №10 образуются три вида отработанных промывных вод:

- цианосодержащие;
- хромосодержащие;
- содержащие соли тяжелых металлов и кислотнo-щелочные.

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		29

В число загрязняющих веществ входят: цианиды, смолы формальдегидные, хром б+, кремния диоксид, бихромат калия, нитрат натрия, пороха( парафин, канифольный лак и олифа).

Соединения металлов (например, бихромат калия), весьма вредно влияют на экосистему водоем – почва – растение – животный мир – человек.

Общетоксичный, эмбриотропный и мутагенный эффект тяжелых металлов хорошо изучен. Эти металлы, попадая вместе с водой к продуктам питания в живые организмы, способны в них кумулироваться, вызывая у людей патогенез болезней сердца, мозга, печени, раковые опухоли.

Оксиду хрома (б+) присущи все параметры особо ядовитых веществ. По воздействию на человеческий организм хромовый ангидрид принадлежит к группе веществ 1-го класса опасности и является активным веществом, способное вызвать при соприкосновении с органическими веществами возгорания и взрывы. При попадании на кожу данный ангидрид вызывает сильнейшие раздражения, экземы и дерматиты, а также может спровоцировать развитие рака кожи. Весьма опасно вдыхание паров хромового ангидрида [16].

Формальдегидные смолы – это смолы синтетического происхождения, имеющие свойства терморектопластов или реактопластов. Такие смолы являются олигомерными или жидкими веществами, полученными посредством поликонденсации формальдегида с фенолом в кислой или же щелочной среде (резольные, новолачные смолы или бакелиты). Это в дальнейшем влияет на свойства конечного продукта. Наряду со многими выбрасываемыми в сточные воды предприятия веществами, формальдегидные смолы являются токсичными соединениями. Все это из-за фенола и формальдегида, которые действуют в виде паров. Хроническое отравление этими парами вызывает такие симптомы, как:

- аллергию, постоянный кашель, раздражение глаз, носа, горла и кожи, приступы астмы
- нарушение сна, психическое возбуждение, дрожь, похудение
- головные боли, расстройство зрения и координации
- хроническую усталость, сонливость, вялость, заторможенность

- расстройство потоотделения, и регуляции температуры тела

Формальдегид внесен в список как потенциально канцерогенное соединение в разделе «вероятно канцерогенные для человека».

Пороха – это твердые смеси различных соединений, способных устойчиво (без перехода в детонацию) гореть в широком интервале давлений (1–10000 атм). Пороха – источники энергии для сообщения снарядам, ракетам и т.п. необходимой скорости полета к цели. Для создания режима устойчивого горения с регламентированной скоростью тепло- и газовой выделения пороха формуют в виде монолитных плотных зарядов с высокой механической прочностью, не допускающей их разрушения в момент выстрела в стволе орудия или при горении.

На предприятии «N» используют пороха кордитного типа. Кордиты содержат высокоазотный пироксилин № 1 и нитроглицерин. Поэтому такие пороха имеют высокую энергетiku. Но нитроглицерин не пластифицирует пироксилин № 1, поэтому для этой цели используется летучий растворитель – ацетон. Все вещества, используемые для производства данного пороха (особенно побочные) являются в большинстве случаев токсичными, а значит также представляют угрозу для окружающей среды [17].

Ежегодно предприятие вырабатывает 400 м<sup>3</sup> сточных вод до очистки и 120 м<sup>3</sup> после очистки.

Для промывки изделий после гальванических покрытий в среднем расходуется не менее 0,65 км<sup>3</sup> воды. Расход воды на промывку после подготовительных операций в 3–7 раз превышает расход воды на промывку после гальванических покрытий, т.е. на производство гальванических покрытий ежегодно расходуется более 3,2 км<sup>3</sup> воды.

Источниками загрязнения окружающей среды в гальванотехнике являются не только промывные воды, но и отработанные концентрированные растворы. Сбросы отработанных растворов по объему составляют 0,2–0,3 % общего количества сточных вод, а по общему содержанию сбрасываемых загрязнений достигают 70 %. Залповый характер таких сбросов нарушает режим работы

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		31

очистных сооружений, приводит к безвозвратным потерям ценных материалов. В современных условиях на передний план выдвигается экологичность технологии с обеспечением рекуперации ценных веществ. Конечной целью является создание мало- и безотходных технологических процессов.

Промышленная очистка сточных вод включает обширный комплекс мероприятий, главной целью которого является доведение качества воды до требований, предъявляемых к ней санитарными нормами.

Технология гальванического производства должна быть взаимно адаптирована с процессом, в ходе которого сточные воды будут очищаться. Такой процесс нельзя осуществлять без наличия качественных очистных схем сооружений. Планируя осуществлять данный вид деятельности, необходимо учесть затраты не только на оборудование для самого процесса производства, но и на отведение жидких отходов. Также требуется учитывать затраты на организацию размещения твердых отходов и обезвреживание стоков [18].

Сточные воды гальванического производства – неотъемлемая часть данного процесса. Зависимо от того, в какой фазе находится состояние вещества, делятся на четыре категории все загрязнения, оказывающиеся в стоках. Первая категория представляет собой растворенные соли, являющиеся, по сути, щелочами и разнообразными кислотами. Вторая категория – это растворенные вещества органического типа, третья – взвеси (тонкодисперсные эмульсии/суспензии), а четвертые представлены высокомолекулярными соединениями и коллоидами.



### 3 ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРЕДПРИЯТИИ «N» И МЕТОДЫ ИХ ОЧИСТКИ

В число веществ, загрязняющих сточные воды предприятия «N» входят: цианиды, смолы формальдегидные, хром (6+), кремния диоксид, толуол, нитрат натрия, гидроксид меди, парафин, олифа, канифольный лак, бихромат калия.

Все эти вещества происходят либо от гальванического производства, либо являются побочным продуктом от производства пожаровзрывоопасных изделий.

#### 3.1 Производство взрывопожароопасных изделий

Компонентами взрывопожароопасных изделий являются:

- корпусные детали, выполненные из картона, бумаги, пластмасс, металла;
- пиротехнические составы и пироэлементы (звездочки, факелы, таблетки) на основе кордитных порохов, окислителей, горючих и добавок;
- средства инициирования – огнепроводный шнур, электровоспламенитель, запал-спичка.

В составе сигнальных пиротехнических изделий в роли окислителя используют нитраты. Нитратные составы содержат соли, которые одновременно являются окислителем и окрашивающим веществом, а именно нитрат натрия, гидроксид меди.

В качестве горючих веществ используют, фенолформальдегидные смолы, олифу, порошки магнезия с алюминием (ПАМ-4) [19].

Зажигательные составы изготавливаются на основе кислородосодержащей соли ( $KClO_4$ ) и металлического горючего (Mg, Al или применяют сплав Al–Mg 1:1).

Применяются в зажигательных пулях и снарядах. Смесь бария окрашивает пламя. В состав фейерверка входит источник энергии – смесь горючего и окислителя, которые вступают в реакцию, повышая температуру и образуя вещества, выделяющие ярко окрашенный огонь.

Во время создания взрывоопасных изделий исходные материалы проходят стадии сушки, помола и просеивания. После их взвешивают, а затем смешивают в специальном помещении. Для этого используют механические смесители [20].

Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата

20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР

После смешивания вещества хранят на специальных складах во избежание их накопления в рабочих помещениях.

Для уплотнения составов, повышения их прочности или замедления горения вводят связующие, например, искусственные и естественные смолы (идитол, бакелит, поливинилхлорид, каучук, канифоль, шеллак), стеарин, парафин и другие органические вещества.

Для окрашивания пламени или дыма вводят соли металлов: стронция (красный цвет), меди (синий цвет), бария (зеленый цвет), натрия (желтый цвет), а также органические красители.

К флегматизаторам, снижающим чувствительность взрывопожароопасных составов к механическим воздействиям и уменьшающим скорость горения, следует отнести смолы, парафин, олифу [21].

Оболочки пиротехнических изделий изготавливают из бумаги, клееного картона, синтетических материалов и металла.

Поскольку многие составы трудно воспламеняются в уплотненном состоянии, их дополняют либо вспомогательным составом, либо специальным компонентом, после этого оболочку запечатывают. При использовании изделие поджигают снаружи спичкой, запалом, а иногда применяют особый скребок (терка) или пистон.

Взрывчатые составы следует готовить из очищенных от загрязнений примесей, негигроскопичных, сравнительно недорогих, отечественного происхождения или изготовления.

Отсутствие загрязнений или примесей обеспечивает получение определенного действия вещества; примеси, загрязняющие продукт, изменяют его действие в составе, чувствительность состава и др.

Для каждого продукта опытным путем устанавливаются допускаемые нормы тех примесей, которые не вредят составу. Каждый продукт, поступающий в производство, подвергается химическому анализу, в результате которого проверяется количество примесей в нем.

После прохождения стадии обработки, чистый состав идет на последующие формирование взрывчатых изделий, а побочный, утилизируется. К побочным веществам относится парафин, олифа и канифольный лак, формальдегидные смолы. В большинстве случаев основным методом утилизации данных веществ является слив данных загрязнителей в сточные воды.

Система слива сточных вод химико-машиностроительного предприятия имеет единый водопроводный канал, вследствие чего, загрязняющие взрывчатый состав вещества сливаются вместе с отходами гальванического производства [22].

### 3.1.2 Гальваническое производство

Вода для гальванического производства предприятия «N» – это жидкость, наполняющая промывные ванны. Зависимо от типа покрытия, эта вода должна соответствовать определенным показателям. Стоит заметить, что данную жидкость следует постоянно обновлять.

Чтобы обеспечить обновление промывных ванн часто применяются установки обратного осмоса. Основным показателем, который наиболее тщательно контролируется при подготовке воды, используемой в гальваническом производстве, считается удельная электропроводность.

При химических покрытиях и подготовительных операциях потери химикатов с промывными водами иногда в десятки раз превышают их расход на обработку поверхности. Так как процесс нанесения покрытия связан с электрохимическим гидролизом солей, то сточные воды данного производства содержат большое количество ионов тяжелых металлов (хром, медь) и остатки солей или их соединения (цианиды, нитраты), также возможно присутствие аммиака.

### 3.2 Методы очистки сточных вод на предприятии

На химико-машиностроительном предприятии «N» используют реагентный (химический) метод очистки сточных вод. Данный метод основан на применении химических реакций, в результате которых загрязнения, содержащиеся в сточных

водах, превращаются в соединения, безопасные для потребителя, или легко выделяются в виде осадков [23].

Схема очистки сточных вод химико-машиностроительного предприятия представлена на рисунке 3

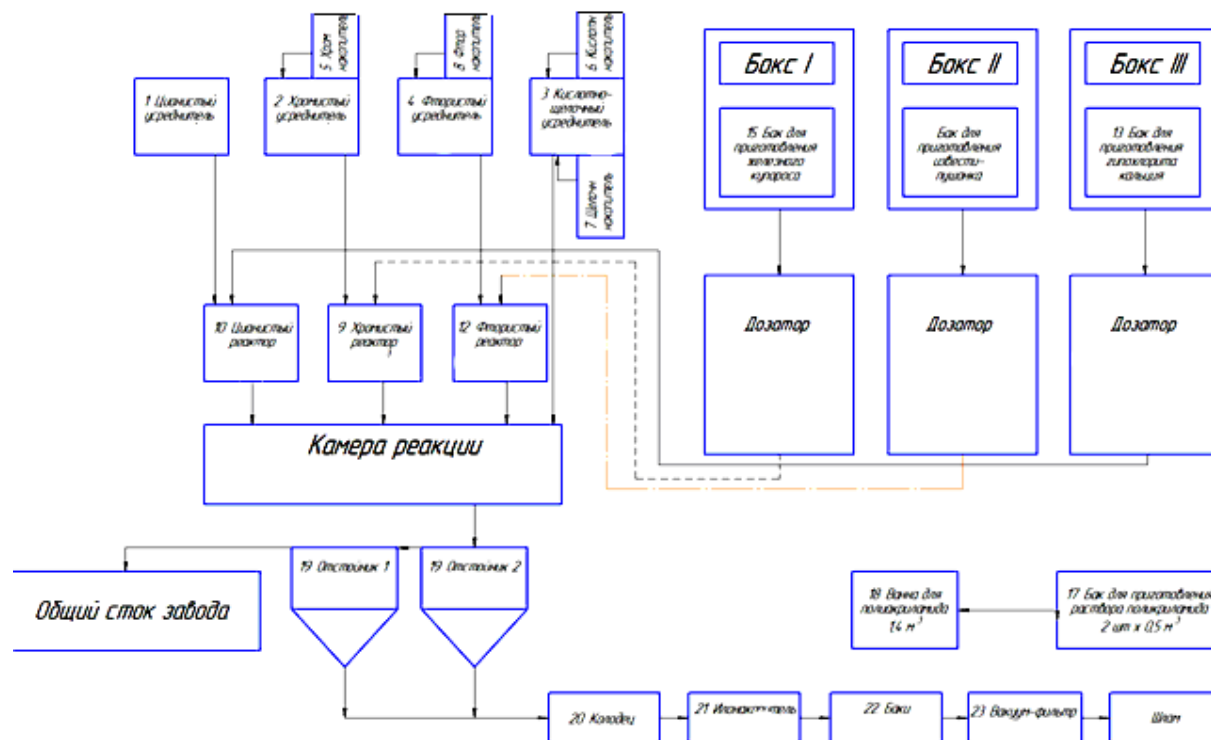


Рисунок 3 – Схема обезвреживания сточных вод химико-машиностроительного предприятия

Рассмотрим каждый вид отработанных промывных вод и методы их очистки по отдельности.

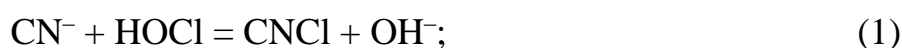
### 3.2.1 Очистка цианосодержащих сточных вод

Цианосодержащие сточные воды представляют собой растворы простых и комплексных цианидов, щелочей и других соединений тяжелых металлов (комплексные цианидные соли цинка, кадмия, меди).

Токсичность данных веществ легко объяснить негативным воздействием некоторых их составляющих на клеточное дыхание. Концентрация тяжелых металлов в них не должна превышать 100 мг/л при значении pH не менее 6.

Циансодержащие воды поступают с гальванического производства по самосточному трубопроводу на насосную станцию в количестве 360 м<sup>3</sup>/сут. и насосами подаются в здание реагентного хозяйства.

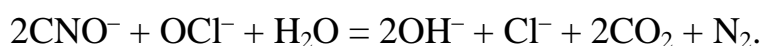
Применяемый метод удаления цианистых соединений из сточных вод базируется на их окислении хлором (либо гипохлоритом) в основной среде. Наиболее часто здесь применяют гипохлорит натрия, хлорную известь и газообразный хлор. Соединения эти в основной среде гидролизуются с получением ионов ClO<sup>-</sup>, которые с цианидами реагируют в соответствии с реакцией:



Реакция окисления цианидов до цианатов протекает в 2 стадии, сначала образуется хлорциан, который затем гидролизуется до хлорцианатов.

Т.к. хлорциан является сильно отравляющим газом, то в реакционной среде необходимо иметь такие условия, чтобы скорость реакции (2) была бы больше скорости реакции (1). Такие условия наблюдаются в том случае, когда концентрация цианидов в сточных водах меньше 1 г/л, температура сточных вод ниже 50 °С и pH > 8,5.

Установлено, что расход гипохлорида при окислении цианидов до цианатов также зависит от pH реакционной среды. При pH равном 8.5, его расходуется на 35–80% больше, чем это следует из расчетов, а при pH=11 на 10% больше. Это связано с расходом гипохлорита на дальнейшее окисление части цианидов до двуокиси углерода и азота:



На кинетику этой реакции заметное влияние оказывает концентрация окислителя (гипохлорит) и pH реакционной среды. При pH > 10 скорость ее так мала, что после 24 ч только незначительная часть цианатов подвергается

дальнейшему окислению. В этих условиях значительное ускорение реакции достигается только при многократном повышении содержания гипохлорита, что на практике невозможно, т.к. высокая концентрация активного хлора в сточных водах недопустима и требует мер по его удалению [24].

При снижении pH до 7,5–8,5 при небольшом избытке гипохлорита (10%) реакция окисления цианидов заканчивается в течение 10–15 минут.

Теоретический расход окислителя, выраженный массой активного хлора, идущего на окисление 1 г ионов CN<sup>-</sup>, образуемых при диссоциации простых цианидов до цианатов, достигает 2,84 г, а при окислении до CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub> – 6,2 г.

Т.к. в цианистых сточных водах содержатся также комплексные цианиды различных металлов, то для окисления 1 г CN применяют следующее количество хлора: до цианатов – 3,3 г Cl<sub>2</sub>; до CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub> – 8,5 г Cl<sub>2</sub>.

Несмотря на то, что цианаты в 1000 раз менее токсичны по сравнению с цианидами, все же они требуют дальнейшей нейтрализации, которая может протекать вышеприведенным способом до CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>, либо путем их гидролиза до солей аммония по реакции:



При pH < 3 реакция гидролиза протекает за 2 минуты.

Гипохлоритный метод окисления цианидов до цианатов применяют при очистке обычных сточных вод гальванических отделений, в которых концентрация цианидов (в пересчете на ионы CN) не превышает 100–200 мг/л. Сточные воды с более высокой концентрацией цианидов (отработанные электролиты) требуют соответствующего разбавления, или др. методов очистки из-за опасности выделения очень ядовитого цианида хлора.

Конец реакции окисления цианидов до цианатов можно установить определением содержания цианидов аналитическим способом. Практически было установлено, что выдержка в течение 15 мин избытка активного хлора (5–15 мг/л) в сточных водах при pH равном 10,5–11 определяет окончание реакции окисления цианидов.

На практике нейтрализацию цианистых сточных вод проводят периодическим или непрерывным методом.

Независимо от способа накопления сточных вод в устройствах повсеместно применяемый способ их очистки основан на окислении цианидов до цианатов при  $\text{pH}=10-11$  и дальнейшем их окислении до  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$  при  $\text{pH} = 7,5-8,5$ , либо гидролизе до солей аммония при  $\text{pH}<3$ .

Процесс очистки цианистых сточных вод не заканчивается их нейтрализацией содержащихся в них цианистых соединений, т.к. в них еще остаются для удаления соединения тяжелых металлов (цинка, меди, кадмия и др.). Когда сточные воды окисляют методом полного окисления цианидов, то в следующей стадии процесса (окисление цианатов до  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$ ) создаются благоприятные условия для полного выделения гидроокиси металлов в виде взвеси. При проведении же процесса гидролиза цианатов до солей аммония в кислой среде необходима добавочная нейтрализация кислот, содержащихся в сточных водах для создания условий, благоприятствующих образованию и выделению взвеси гидроокиси металлов.

Для цианистых сточных вод предусмотрена самостоятельная система канализации для отведения их на очистные сооружения. Отведение вод производится по единому трубопроводу.

Отработанные цианосодержащие электролиты не сбрасываются на очистные сооружения, а минимально используются вторично, проходя через фильтрацию и отстой в ловушках (ТИ25271.00130).

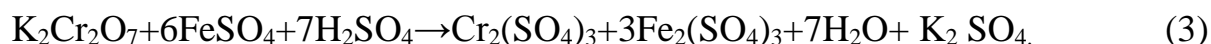
Если смешать цианосодержащие сточные воды с кислыми и хромсодержащими стоками, то произойдет образование летучей синильной кислоты, что может привести к отравлению обслуживающего персонала. Смешение кислых стоков с хромсодержащими нежелательно из-за уменьшения концентрации хрома, что, в свою очередь, приводит к увеличению расхода химикатов и увеличению времени нейтрализации.

### 3.2.2 Очистка хромсодержащих сточных вод

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		39

Удаление из воды соединений хрома производится в два этапа: на первом этапе осуществляется перевод шестивалентного хрома в трехвалентный, а на втором доведения стоков известковым "молоком" до значений pH среды 9–10 (оптимальные условия перевода тяжелых металлов в нерастворимые соединения

В качестве реагентов для перевода хрома из шестивалентного в трехвалентный можно применяют железный купорос  $\text{FeSO}_4$ .



Для восстановления 1 мг  $\text{Cr}^{6+}$  до  $\text{Cr}^{3+}$  требуется до 16 мг  $\text{FeSO}_4$ .

Реагент вводится в воду в виде 10%-ного водного раствора. Для обеспечения более интенсивного контакта в камерах следует предусматривать перемешивание.

Необходимое время контакта для перевода шестивалентного хрома в трехвалентный составляет 30 мин., время контакта с известью – не менее 15 мин.

На втором этапе сток из усреднителя переходит в приемный колодец, из которого перекачивается насосом в две камеры реакции с механическими мешалками, в которых нейтрализуется известковым раствором до pH 9–10.



Общая продолжительность процесса обезвреживания и нейтрализации кислотных хромосодержащих сточных вод составляет порядка 125 минут.

Для сброса хромсодержащих отработанных растворов на очистные сооружения в цехе установлена приемная емкость, на которой отработанный раствор малыми порциями подается в промывные хромсодержащие сточные воды.

Хромовокислые сточные воды гальванического производства, загрязненные соединениями шестивалентного хрома, тяжелых металлов и минеральными кислотами – наносят вред живому организму из-за своей токсичности и канцерогенности. Они поступают самотеком на две насосные станции завода, в

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		40



количестве 2140 м<sup>3</sup>/сут. Концентрация шестивалентного хрома в поступающих стоках не должна превышать 60 мг/л при значении pH не менее 2.

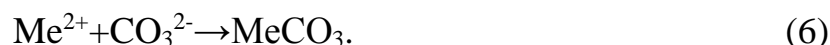
При наличии в осадке Cr<sup>6+</sup> и CN<sup>-</sup> в первую очередь производить обезвреживание циана, обеспечивая минимальное содержание «активного» хлора во избежание окисления Cr<sup>3+</sup> и Cr<sup>6+</sup>.

### 3.2.3 Очистка кислотно-щелочных сточных вод

Кислотно-щелочные стоки в отличие от хромосодержащих и цианосодержащих, имеют кислоты и щелочи, которые опасны для здоровья человека.

Особую опасность составляют концентрированные формы кислот и щелочей, но и разбавленные растворы несут в себе вред.

Реагентная очистка кислотно-щелочных вод, содержащих соли тяжелых металлов, заключается в их обработке щелочными растворами. В качестве реагента применяется раствор известкового молока или раствор кальцинированной соды, при этом выделяются гидроокиси и карбонаты металлов.



где Me<sup>2+</sup> – ион двухвалентного металла.

Контакт реагента со сточной водой в камере реакции должен составлять не менее 30 минут.

С целью сокращения продолжительности отстаивания на выходе из камеры реакции вводят флокулянт – 0,2%-ный раствор полиакриламида. Оптимальная доза полиакриламида 4–5 мг/л, при этом скорость осаждения гидроокисей в отстойнике увеличивается в 7–10 раз.

Полностью обезвреженная вода с отстойников периодически подвергается химическому анализу, при этом предельно допустимые концентрации ингредиентов должны соответствовать «Правилам охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами».

Кислотно-щелочные и хромсодержащие воды при поступлении в трап объединяются в один поток для получения более низкого рН хромсодержащих стоков.

Отработанные растворы кислот и щелочей сбрасываются на очистные сооружения небольшими порциями в несколько приемов с разбавлением отработанными промывными водами.

Т.к. на предприятии образуются 3 группы сточных вод, то индивидуальное выделение и удаление взвеси тяжелых металлов из цианистых сточных вод не применяют (после нейтрализации цианистых соединений). Такую операцию проводят на смешанных сточных водах.

Средний расход воды в цехе гальванического производства и производства пожаровзрывоопасных веществ составляет 990 м<sup>3</sup>/сутки, за год расходуется более 560 тысяч м<sup>3</sup> воды. Очевидно, что требуется модернизация станции очистки сточных вод, которая также позволит снизить водопотребление.

### 3.2 Вывод

Вышеописанный метод (реагентный) в настоящее время получил наибольшее распространение в отечественной практике обезвреживания сточных вод гальванических цехов. Основное его достоинство – крайне низкая чувствительность к исходному содержанию загрязнений, а основной недостаток – высокое остаточное солесодержание очищенной воды. Последнее вызывает необходимость в доочистке.

Реагентный метод может составлять основу систем водоочистки (например, на действующих очистных сооружениях) или применяться на отдельных стадиях очистки (например, для предварительного обезвреживания и очистки хромсодержащих стоков с большим содержанием фосфатов, высококонцентрированных фторсодержащих стоков и других).

## 4 НИДСТ. РЕКОМЕНДАЦИИ

### 4.1 Методы очистки сточных вод гальванического производства по принципам НИДСТ

Европейским документом, регламентирующим наилучшие доступные технологии в сфере гальванического производства, является Reference Documenton Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics (Справочник НИДСТ для поверхностной обработки металлов и пластмасс), принятый в бюро IPPC в августе 2006 года [25].

В справочнике представлены

- общая информация об обработке металлов и пластмасс;
- применяемые процессы и технологии (среди которых выделены наилучшие доступные);
- текущие величины потребления материалов и энергии и выбросов загрязняющих веществ;
- методы и технологии, находящиеся на стадии разработки.

Также справочник содержит примеры эталонных производств, использующих НИДСТ.

Очистка сточных вод гальванического производства с использованием НДТ основана на трех принципах:

- предотвращение чрезмерных потерь (воды, ценных металлов);
- сокращение (потребления воды);
- повторное использование, переработка и восстановление (воды и ценных компонентов).

Из этого перечня приоритетом является – предотвращение и снижение всех материальных потерь.

Подходы, используемые в НИДСТ можно, в целом, разделить на 4 группы:

- минимизация расходов воды. Это НИДСТ, которые позволяют минимизировать использование воды во всех процессах, а также устранить или

свести к минимуму использование и потери материалов, в частности приоритетных веществ.

– тестирование, идентификация и разделение проблемных потоков. Это НИДСТ, когда изменяют тип или источник химических растворов до их использования в производстве для проверки их влияния на существующую систему очистки сточных вод. Если тест указывает на потенциальную проблему, то стоит либо перестать использовать раствор, либо изменить систему очистки сточных вод для решения этой проблемы.

– контроль очистки сточных вод. Это НИДСТ для контроля эффективности очистки сточных вод.

– методы полной очистки стоков. Данные методы сложно назвать наилучшими доступными, так как их использование обычно подразумевает собой высокое энергопотребление и может производить отходы, которые трудно утилизировать. Сочетание методов, необходимых для достижения полной очистки также требуют высоких капитальных и эксплуатационных расходов. Они используются в единичных случаях по определенным причинам. Поэтому следует помнить о том, что бы эксплуатационные затраты на внедряемые технологии и очистное оборудование должны быть оптимально-минимальными, поскольку в конечном итоге они включаются в себестоимость продукции гальванического производства

Рассмотрим каждый метод очистки по отдельности.

#### 4.1.1 Аналитический метод

Внедрение новых химикатов или путей их подачи может создать проблемы при очистке сточных вод. Это, как правило, либо ПАВ, которые препятствуют флокуляции или комплексообразующие агенты, которые препятствуют осаждению металлов.

Такие вещества должны подвергаться проверке перед их введением в производство. Это достаточно просто сделать путем смешивания образцов обычных сточных вод с образцом разведенного нового химического вещества и

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		44

дальнейшей проверки смеси на оказание каких-либо неблагоприятных эффектов. Если будут выявлены какие-либо проблемы, то химикат не применяется, либо меняют систему очистки [26].

Данный метод не требует больших затрат, так как производится только лабораторный анализ.

#### 4.1.2 Метод устранения отдельных загрязнителей до смешивания стоков

Некоторые химические вещества наиболее эффективно удалять обработкой их по отдельности до смешивания с другими стоками. Например, стоки, содержащие цианиды, нитриты и хроматы должны быть предварительно обработаны отдельно перед смешиванием вместе или с другими сточными водами, чтобы ограничить использование дополнительных химических веществ. Также обработка до смешивания может быть «предварительной», которая позволит уменьшить количество загрязняющего вещества в воде, поступающей для окончательной очистки выпускаемого, и уменьшая или устраняя необходимость в дальнейшей обработке.

Другие химические вещества, такие как травильные кислоты и обезжириватели, используются нерегулярно и в больших количествах, что может привести к нехватке мощности очистной станции. Контролировать такие стоки можно путем проведения следующих процедур:

- избегать крупных выбросов (например, применяя травление противотоком);
- не сбрасывать сточные воды, а содержать их в бункере для отходов в течение определенного периода времени, чтобы оставаться в пределах мощности внутренней очистной станции (но, обычно, затем требуется производить разбавление этих сборов);
- нейтрализовать кислотные стоки щелочными растворами
- изымать некоторые виды отработанных растворов, которые не могут быть успешно очищены собственной очистной станцией (такие растворы либо утилизируют, либо отдают для очистки сторонним организациям).

В некоторых конкретных случаях, капитальные затраты могут быть значительно уменьшены путем обработки некоторых потоков сточных вод отдельно друг от друга. Тем не менее, как правило, стоимость очистки разделенных потоков выше.

#### 4.1.2.1 Удаление цианидов

Цианиды наиболее целесообразно удалить из сточных вод с использованием следующих процедур:

– окисление до безопасного продукта, которое может быть осуществлено в двух различных вариантах:

- с использованием различных окислителей;
- электрохимическое окисление на аноде;
- деструкция цианида, которая также может быть выполнено двумя вариантами:
  1. тепловое разрушения;
  2. разрушение воздействием УФ-излучения.

– удаление цианидов с помощью ионообменных смол.

На практике, химическое окисление цианида является наиболее широко используемым методом.

#### 4.1.2.2 Удаление ионов хрома

Соединения шестивалентного хрома (хроматы или дихроматы) трудно осадить и, как правило, их сначала восстанавливают до трехвалентного хрома и затем производят осаждение. Восстановление достаточно легко протекает при значениях рН раствора около 2,5. Наиболее распространенным восстановителем является бисульфит натрия.

#### 4.1.2.3 Флокуляция и осаждение металлов

Если на предприятии происходит много процессов и разделение сточных вод от каждого является затруднительным, металлы могут быть осаждены одновременно (совместное осаждение).

После флокуляции можно использовать очистку с помощью ионообменных смол.

#### 4.1.3 Удаление комплексообразующие агентов

Комплексообразующие агенты, используемые в некоторых процессах, делают осаждение переходных металлов более трудным, если они смешиваются перед обработкой с другими сточными водами.

Катионные комплексы металлов с аммиаком или аминами, такими как триэтаноламин могут быть удалены с помощью слабокислых катионитов (например, селективных ионообменных смол).

Наиболее распространенными комплексообразующими агентами являются цианиды, полифосфаты, амины, лимонная кислота, винная кислота, глюконовая кислота, аммиак, этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА).

Данные вещества также можно разрушить с помощью УФ–излучения и действием перекиси водорода.

#### 4.1.4 Заключительная обработка перед сбросом

После осаждения основных загрязнителей их и другие материалы в виде суспензии отделяют от жидкости с помощью одного из следующих методов:

- осаждения;
- флотация;
- фильтрация.

Традиционно сначала используется осаждение, а затем флотация. Тем не менее, фильтрация обеспечивает наиболее высокий уровень очистки.

Выбор метода будет зависеть от таких факторов, как:

- размер и тип частиц;
- существующая схема очистки сточных вод;
- планируемые изменения в производстве;
- расход сточных вод;
- доступное пространство.

#### 4.1.4.1 Флотация

Используются три метода:

- вакуумная флотация, когда воздух растворяется при атмосферном давлении с последующим падением давления для образования пузырьков;
- флотация индуцированным воздухом, когда мельчайшие пузырьки формируются и втягиваются в сточные воды с помощью индукционных устройств, такие как трубы Вентури или измерительные диафрагмы;
- флотация растворенным воздухом.

Преимущества флотации

- высокая эффективность;
- небольшие размеры установок;

Недостатки флотации

– требуется высокое качество флокуляции, чтобы гарантировать хорошую адгезию пузырьками воздуха взвешенных твердых частиц.

#### 4.1.4.2 Фильтрация

Есть две категории методов:

- традиционные (песчаные фильтры, целлюлозные);
- мембранная фильтрация (микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос).

Как правило, заводы используют не единичные методы, а их комбинации.

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		48



Классические физико-химические методы очистки сточных вод могут быть дополнены мембранными фильтрами. В настоящее время существуют два основных метода очистки с помощью мембран:

А) Ультрафильтрация. Метод позволяет очищать воду до очень низких концентраций металлов и органических примесей, а очищенная вода может быть повторно использована в основном процессе. Хотя установки ультрафильтрации достаточно компактны и занимают мало места, но этот подход требует проведения обязательной предварительной реагентной очистки воды.

Использование этого метода целесообразно в следующих случаях:

- предъявляются очень высокие требования к качеству очищенной воды;
- достаточно большие объемы очищаемых вод, т.е. применима в основном для средних и крупных производств;
- производится модернизация станция очистки старого производства.

Б) Комбинация ультрафильтрации и обратного осмоса

Схема очистки представлена на рисунке 4.

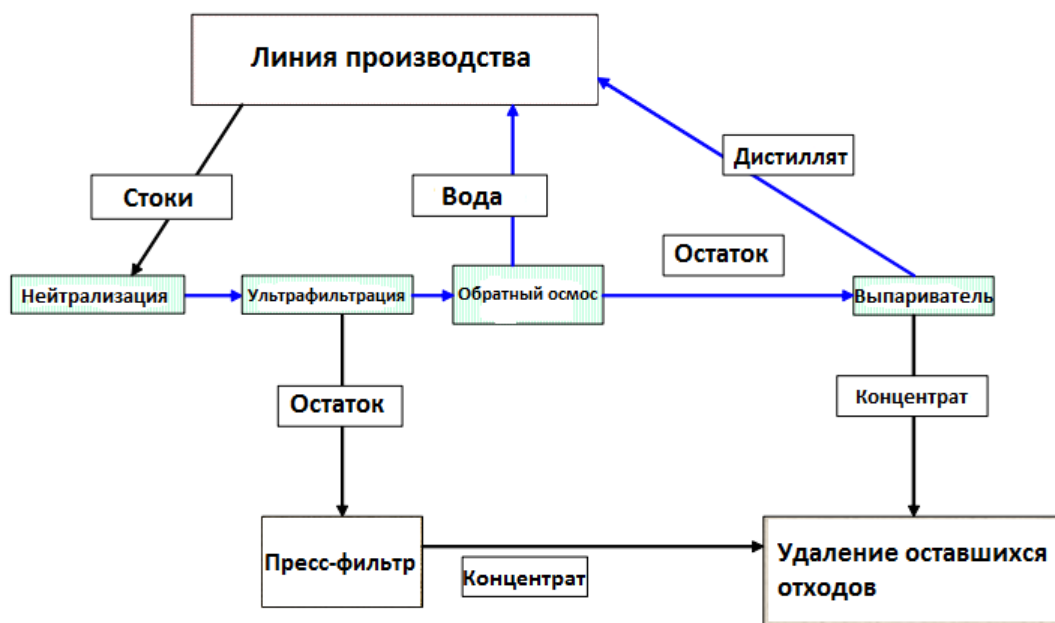


Рисунок 4 – Комбинация ультрафильтрации и обратного осмоса

Очистка происходит в две стадии: ультрафильтрация с последующим использованием обратного осмоса. Данный подход не требует больших

капитальных затрат, установка занимает мало места, но необходима организация постоянного контроля за работой всего комплекса. Сотрудники, контролирующие работу установки должны проходить предварительное обучение.

#### 4.2 Анализ действующих способов очистки сточных вод

Реагентный метод очистки сточных вод, представленный в главе 3, является одними из самых старых методов.

На предприятии данный метод нашел применение, так как является достаточно простым в эксплуатации.

При анализе работы очистных сооружений была сделана выборка состава поступающих и очищенных сточных вод по содержанию следующих главных загрязнителей на данном предприятии:  $\text{CN}^-$ ,  $\text{Cr}_{\text{общ}}$ ,  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ . Концентрации, определяемые ежесуточно для каждого из контролируемых загрязнителей усреднялись до среднемесячных. Результаты, полученные при анализе исходных сточных вод представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Среднемесячные концентрации показателей состава поступающей сточной воды на очистные сооружения

Месяц	Концентрация загрязнителя (мг/л)			
	$\text{CN}^-$	$\text{Cr}_{\text{общ}}$	$\text{Cr}^{6+}$	$\text{Cr}^{3+}$
Январь	32,6	0,34	4,01	2,07
Февраль	31,5	0,081	4,22	1,41
Март	36,1	0,40	7,98	5,00
Апрель	41,9	9,71	1,53	1,99
Май	69,1	3,05	6,00	2,02
Июнь	47,5	12,9	4,05	1,06
Июль	43,2	10,5	3,87	0,99
Август	34,2	4,03	2,94	0,87
Сентябрь	33,4	5,97	3,65	0,45
Октябрь	28,7	2,36	2,99	0,32
Ноябрь	15,1	1,90	1,00	2,00
Декабрь	43,3	2,02	2,01	1,56

Результаты, полученные при анализе содержания контролируемых загрязнителей в очищенных сточных водах, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Среднемесячные концентрации показателей состава очищенной сточной воды на очистных сооружениях

Месяц	Концентрация загрязнителя (мг/л)			
	CN <sup>-</sup>	Cr <sub>общ</sub>	Cr <sup>6+</sup>	Cr <sup>3+</sup>
Январь	≤0,05	0,2	1,001	0,047
Февраль	≤0,05	0,052	1,002	0,019
Март	≤0,05	0,027	2,001	1,026
Апрель	≤0,05	3,2	0,001	1,037
Май	≤0,05	0,042	2,0016	0,041
Июнь	≤0,05	6,3	1,001	0,027
Июль	≤0,05	7,2	1,001	0,042
Август	≤0,05	1,02	0,001	0,024
Сентябрь	≤0,05	1,96	0,024	0,053
Октябрь	≤0,05	0,014	0,018	0,013
Ноябрь	≤0,05	0,01	0,001	0,013
Декабрь	≤0,05	0,030	0,081	0,022
ПДК( рыб.хоз)	0,1 <sup>7</sup>	0,5	0,05	0,5

Сопоставление результатов, представленных в таблицах 2 и 3 показывает (таблица 4), что применяемая система очистки хорошо справляется с удалением очень опасного загрязнителя – цианид-иона, тогда как с очисткой другого не менее опасного загрязнителя – хрома – система справляется неудовлетворительно. В очищенной воде концентрация хрома (6+) значительно превышает требования ПДК. За первые семь месяцев только в апреле концентрация данного вещества на выходе соответствует нормируемому значению, тогда как в остальные месяцы превышает его в 20–40 раз.

Значение концентрации общего хрома на выходе не соответствует ПДК в апреле, июне, июле, августе и сентябре – превышение составляет 5–10 раз. То же самое и с концентрацией хрома (3+).

С учетом данной статистики можно сделать вывод о том, что очистка сточных вод относительно постоянна, а концентрация веществ на выходе – нет, поэтому в данный метод очистки следует вносить коррективы.

Таблица 4 – Эффективность очистки стоков в процентном соотношении по следующим веществам

Показатель эффективности очистки	Степень очистки для каждого из загрязнителей, %			
	CN <sup>-</sup>	Cr <sub>общ</sub>	Cr <sup>6+</sup>	Cr <sup>3+</sup>
Минимум	100	62,83	61,47	68,22
Максимум	100	77,78	76,78	79,48
Среднее	100	70,03	69,12	73,85

Определение цианидов проводится качественным ( фотометрическим) методом, чувствительность которого составляет 0,05 мг/л. Эффективность очистки циана равна 100 %, т.к. в сточной воде после очистки циан не был обнаружен. По другим показателем можно сделать вывод, о неэффективности применяемого метода очистки сточных вод.

Реагентный метод, несмотря на затратность, в отдельных случаях находит широкое применение. Прежде всего, в тех случаях, когда не достигается нужный результат. Хотя и в этих случаях из нескольких реагентных методов возможно проведение оптимизации процесса, позволяющей снизить затраты на реагенты, либо получить выделяемые вещества в форме товарного продукта.

#### 4.3 Предлагаемая технология очистки

В связи с неудовлетворительной работой существующей на предприятии гидроочистки разработана и предложена новая комплексная система, предназначенная для достаточно полной очистки сточных вод по основным

загрязнителям, удовлетворяющая требованиям ПДК для рыбо-хозяйственной деятельности и соответствующая вышеозначенным принципам НИДСТ [27].

Наиболее прогрессивными методами очистки сточных вод для удаления широкой гаммы загрязнителей на сегодняшний день является метод, включающий мембранные, флотационные и вакуумно-дистилляционные технологии очистки сточных вод.

Рассмотрим подробно разработанную технологическую схему очистки сточных вод, представленную на рисунке 5.

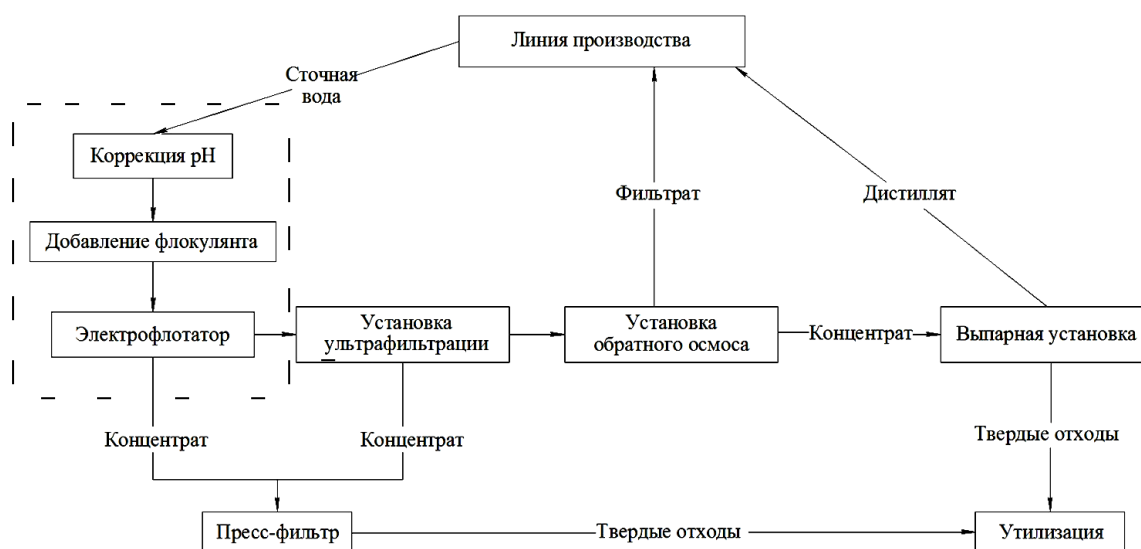


Рисунок 5 – Предлагаемая схема очистки сточных вод

Пунктирная линия на рисунке 5 обозначает этапы очистки сточных вод, применяемые на химико-машиностроительном предприятии

Сточные воды усредняются и поступают в установку, где корректируется уровень pH для наиболее эффективного взаимодействия загрязняющих веществ с флокулянтами. Затем вода поступает в электрофлотатор, из которого флотоконцентрат подается на фильтр-пресс для обезвоживания, а очищенная вода идет в установку ультрафильтрации. Очищенная вода из установки ультрафильтрации отправляется обратно на линию производства, а фильтрат поступает на установку промышленного обратного осмоса. Концентрат от процесса обратного осмоса подается на вакуум-выпарную установку (ВВУ).

Дистиллят из ВВУ поступает на линию производства, а концентрат утилизируется [28].

#### 4.3.1 Характеристика внедряемого оборудования

В предлагаемой схеме очистки сточных вод возможно использование следующих аппаратов:

- Установка ультрафильтрации АМАК UF-15,0. (рис.6).

Состоит из ультрафильтрационных модулей (УФМ) производительностью 15 м<sup>3</sup>/час.



Рисунок 6 – Ультрафильтрационный мембранный элемент

Стоимость всей установки составит 1585000 рублей.

- Установка обратного осмоса LWT-RO-12000

Установки обратного осмоса (рис. 7) и нанофильтрации предназначены для обессоливания и опреснения воды на молекулярном уровне.



Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата

20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР

Лист

54

## Рисунок 7 – Установка обратного осмоса

Принцип действия основан на пропускании воды под давлением через поры полупроницаемой мембраны, в результате чего из воды удаляются 98–99,7% растворенных в ней солей. Производительность данной установки составляет 12000–16400 л/ч. Стоимость составляет 599400 рублей.

- Вакуум-выпарная установка (рис. 8).



Рисунок 8 – Вакуум-выпарная установка

Процесс выпаривания влаги происходит принудительно за счет разрежения внутри аппарата, посредством создания вакуума вакуумным насосом.

Стоимость установки зависит от некоторых конструктивных особенностей и составляет от 500000 рублей.

К положительным сторонам внедрения предлагаемой схемы водоочистки можно отнести следующие соображения:

– за счет возможности возврата очищенной воды в технологическую схему производства снижается водопотребление, что позволит значительно снизить плату за использование водных ресурсов;

Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата

20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР

Лист

55

– снизятся сбросы загрязняющих веществ, и предприятию не придется выплачивать штрафы.

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		56



#### 4.3.2 Экономическая оценка предлагаемого решения

Экономическая эффективность предложенного решения будет складываться из:

- 1) снижения штрафов за загрязнение окружающей среды;
- 2) снижения платежей за водопользование;
- 3) разовых затрат.

За 2016 год химико-машиностроительному предприятию было предписано административное наказание, выраженное штрафом в размере 350 тыс. рублей за загрязнение водных объектов, а также образования в них вредных веществ, ухудшающих качество поверхностных и подземных вод, ограничивающих использование либо негативно влияющих на состояние дна и берегов водных объектов. (ст. 1 Водного кодекса РФ). Но при переходе предприятия на новый метод очистки штрафные санкции будут минимизированы либо полностью устранены, ввиду высокой эффективности очистки сточных вод от загрязнителей.

Внедрение схемы оборотного водоснабжения позволит использовать вновь до 99% отработанных вод. Таким образом, при внедрении предлагаемой схемы очистки сточных вод, можно ожидать существенного снижения внешнего потребления природной воды (порядка 1 млн м<sup>3</sup> воды в год). Выгода в денежном эквиваленте составит порядка 75 млн. рублей.

В случае перехода предприятия на новый метод очистки сточных вод и приобретения аппаратов оборотного водоснабжения, предприятие «N» потратит 2584,5 тыс. рублей, что снижения платежей и штрафов (более 500 тыс. руб.) говорит о полной окупаемости проекта за первые 5 лет эксплуатации, а с учетом тенденции на ужесточение экологического законодательства, соответственно роста платежей и штрафов - окупится гораздо быстрее..

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		57

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе было проведено исследование по оценки соответствия принципам НИДСТ существующей системы очистки сточных вод на химико-машиностроительном предприятии.

При анализе данных по действующей системе очистки сточных вод выявлено:

- 1) используемый метод не является эффективным, особенно при удалении хрома;
- 2) используемые методы очистки не соответствуют принципам НИДСТ, что ведет к высоким платежам за использование водных ресурсов и штрафам за загрязнение окружающей среды.

На основании анализа действующей системы очистки предложена новая схема, которая включает установку ультрафильтрации, установку обратного осмоса и вакуум-выпарную установку.

Предложенная схема очистки сточных вод использует самое передовое оборудование в этой области. Окупаемость предлагаемого решения составит

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		58

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
2. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы (утв. Постановлением Государственного комитета по делам строительства от 17 декабря 1985 г. № 232).
3. КоАП РФ. Нарушение правил охраны водных объектов.
4. Водный кодекс РФ от 16.11.95 № 167-ФЗ
5. Алферова, Л.А. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов / Л.А. Алферова. – М.: Стройиздат, 1984.– 356 с.
6. Бейгельдруд, Г.М. Комплексная электрохимическая очистка сточных вод. / Г.М. Бейгельдруд. – Тула: Тульский край, 1999.– 203 с.
7. Бучило, Э. Очистка сточных вод травильных и гальванических отделений / Э. Бучило. – М.: Энергия, 1977.–347 с.
8. Википедия – свободная энциклопедия. Наилучшая существующая технология –[https://ru.wikipedia.org/wiki/Наилучшая\\_существующая\\_технология](https://ru.wikipedia.org/wiki/Наилучшая_существующая_технология).
9. Виноградов С.С., Кудрявцев В.Н. Обоснованность и необоснованность применения разных перечней ПДК для стоков гальванического производства // Водоснабжение и канализация. 2010. № 3. С. 113–118.
10. Водоподготовка.– <http://www.lwt.com.ua/oborudovanie/itemlist.html>.
11. Волоцков, Ф.П. Очистка и использование сточных вод гальванических производств / Ф.П. Волоцков. – М.: Химия, 1983. – 126 с.
12. Гогина, Е.С. Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водоотведения: Справочное пособие / Е.С. Гогина, А.Д. Гуринович, Е.А. Урецкий. – М.: 2012. – 312 с.
13. Европейское бюро по комплексному предупреждению и контролю загрязнений. Справочник НДТ для поверхностной обработки металлов и пластмасс – <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/stm.html> 21.
14. Капстройпроект.– <http://kspr.ru/design-objects/industrial/metalworking/electroplating/index.php>.
15. Кемикл Инжиниринг Солюшнс/ Фильтровальное оборудование.– [http://www.cesolutions.ru/production/obezvozhivanie\\_i\\_filtratsiya/filtr\\_pressy.http](http://www.cesolutions.ru/production/obezvozhivanie_i_filtratsiya/filtr_pressy.http).

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		59

16. Колесников, В.А. Анализ, проектирование технологий и оборудования для очистки сточных вод / В.А. Колесников, Н.В. Меньшутина. – М.: ДеЛиПринт, 2005. – 266 с.

17. Компания АМАК.– <http://amak-llc.http>.

18. Костюк, В.Н. Очистка сточных вод машиностроительных предприятий / В.Н. Костюк. – Л.: Химия, 1990.– 332 с.

19. Мезенцева, О.В. Внедрение НДТ в странах ЕС и Таможенного союза / О.В. Мезенцева, М.А. Волосатова // Контроль качества продукции. – 2014. – № 6(14). – С. 13–20.

20. Национальный центр водных технологий. Промышленные фильтры коррекции рН серии «Potok-pH/Са».– [http://ncwt.ru/katalog\\_produktsii/Filter-Calcite/Filter-calcite-pH.http](http://ncwt.ru/katalog_produktsii/Filter-Calcite/Filter-calcite-pH.http).

21. Официальный сайт АО НПО «Электромашина»–<http://www.npoelm.ru/>

22. Павлов, Д.В. Очистка сточных вод гальванического производства: новые решения / Д.В. Павлов, В.А. Колесников // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – № 6. –С.66–69.

23. Павлов, Д.В. Очистка сточных вод различных производств с применением наилучших доступных технологий / Д.В. Павлов, В.А. Колесников // Чистая вода: проблемы и решения. –2010. – № 3.– С.74–78.

24. Ребрик, И.И. Наилучшие доступные технологии / И.И. Ребрик, А.Ю. Кочешков, И.А. Борисовская // ЭКО-БЮЛЛЕТЕНЬ ИНЭКА. – 2009. –№ 3 (134). – С. 16–20.

25. Российский химико-технический университет им. Д.И. Менделеева Технопарк –<http://tecnoparc.ru/elektroflotator.html>.

26. Технопарк РХТУ им. Д.И. Менделеева – [http://www.ecoltech.ru/c1\\_0011.htm](http://www.ecoltech.ru/c1_0011.htm)

27. Тулепбаев, В.Б. Применение вакуумных выпаривателей для очистки сточных вод гальванического производства / В.Б. Тулепбаев, И.О. Дьяченко // Гальванотехника и обработка поверхности. –2008.– № 1.– С. 40–45.

28. Электрофлотационная технология очистки сточных вод промышленных предприятий /В.А. Колесников, В.И. Ильин, Ю.И. Капустин и др.; под ред. В.А.Колесникова. – М.: Химия, 2007. –304 с.

					20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата		60