**ВЕСТНИК ПНИПУ.
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
Т. 7, № 4, 2016
PNRPU BULLETIN.
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**
<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>

DOI: 10.15593/2224-9826/2016.4.05

УДК 628.316

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ОТХОДОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Н.М. Кошак, С.В. Новиков, О.И. Ручкина

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 01 августа 2016
Принята: 17 августа 2016
Опубликована: 28 декабря 2016

Ключевые слова:

водоснабжение и водоотведение, очистка сточных вод, система оборотного водоснабжения, обратный осмос, фильтрация, современные технологии

АННОТАЦИЯ

Объектом исследования явились сточные воды нефтехимического производства. Одними из основных потребителей водных ресурсов в промышленности являются нефтеперерабатывающая и нефтехимическая отрасли, где в настоящее время происходят масштабные изменения, связанные с повышением глубины переработки нефти и улучшением качества продукции. Все эти процессы неразрывно связаны с необходимостью использования огромного количества очищенной воды. Для достижения этих целей на большинстве предприятий разработаны и осуществляются программы по реконструкции и техническому перевооружению, что влечет за собой изменение качества и количества сточных вод.

На рассматриваемом предприятии функционируют очистные сооружения с традиционной технологической схемой. Авторами статьи выявлены причины недостаточной эффективности данных сооружений и сделан вывод о необходимости совершенствования технологий и схемы очистки сточных вод.

Приведены исходные и требуемые показатели качества сточных вод, подлежащих очистке. На основании представленных концентраций и проведенных исследований разработана усовершенствованная схема очистки сточных вод.

Рассмотрены основные этапы очистки: механическая, физико-химическая, биологическая, доочистка, обессоливание и обезвоживание осадка. По каждому этапу рассчитана эффективность по основным показателям. Предлагаются наиболее оптимальные и эффективные методы. Обновленная схема включает такие современные технологии, как напорную флотацию с доочисткой на тонкослойных модулях, фильтрацию с загрузкой из пористых полимерных шариков, обессоливание методом обратного осмоса, обезвоживание осадка на декантирующей центрифуге и др. Представлен сводный перечень основного технологического оборудования усовершенствованной схемы. Данная технология обеспечивает достижение нормативных показателей, установленных для возврата отработанной воды в систему оборотного водоснабжения.

© ПНИПУ

© Кошак Наталья Михайловна – магистрант, e-mail: natashakoshak@yandex.ru.

Новиков Сергей Васильевич – кандидат технических наук, доцент, e-mail: sergei.novikov1951@yandex.ru.

Ручкина Ольга Ивановна – доктор технических наук, профессор, e-mail: xgogax@mail.ru.

Natal'ia M. Koshak – Master Student, e-mail: natashakoshak@yandex.ru.

Sergei V. Novikov – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: sergei.novikov1951@yandex.ru.

Ol'ga I. Ruchkinova – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: xgogax@mail.ru.

IMPROVEMENT SCHEME OF WASTEWATER TREATMENT OF PETROCHEMICAL PRODUCTION

N.M. Koshak, S.V. Novikov, O.I. Ruchkinova

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 01 August 2016
Accepted: 17 August 2016
Published: 28 December 2016

Keywords:

water supply and sewerage,
sewage treatment, water recycling
system, reverse osmosis, filtration,
advanced technology

ABSTRACT

Object of research is wastewater of the petrochemical industry. One of the major consumers of water resources in the industry are the oil refining and petrochemical facility. There are major changes associated with increasing depth of oil refining and improving product quality in this field now. All these processes are inextricably linked with the need to use enormous amounts of purified water. To achieve these objectives, the majority of enterprises develops and implements the program of reconstruction and modernization, which entails a change in the quality and quantity of wastewater.

There are wastewater treatment plants with traditional technological scheme on the considered enterprise. The authors have identified the causes of insufficient efficiency of these system and concluded that there is a need to improve the technology and wastewater treatment schemes.

An improved scheme wastewater treatment is developed on the basis of the studies and the accepted indicators.

This article describes the main stages of cleaning: mechanical, physical and chemical, biological, post-treatment, desalination and sludge dewatering. There is the effectiveness of key indicators for each step. Selected the most appropriate and effective methods. The updated scheme includes such modern technology as flotation with additional purification in lamella separators, polymer filtration, desalination by reverse osmosis, sludge dewatering in the decanter centrifuge and others. Presents a summary list of the main technological equipment improved scheme. The developed circuit achieves regulatory indicators set to return to the system of water recycling.

© PNRPU

Одними из основных потребителей водных ресурсов в промышленности являются нефтеперерабатывающая и нефтехимическая отрасли, где в настоящее время происходят масштабные изменения, связанные с повышением глубины переработки нефти и улучшением качества продукции. Все эти процессы неразрывно связаны с необходимостью использования огромного количества очищенной воды.

Для достижения этих целей на большинстве предприятий разработаны и осуществляются программы реконструкции и технического перевооружения, что влечет за собой изменение качества и количества сточных вод.

Отметим некоторые актуальные проблемы, связанные с очисткой образующихся на предприятии сточных вод:

1. Неспособность очистных сооружений обеспечить степень очистки сточных вод до предъявляемых требований. Большинство очистных сооружений нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий были построены десятилетия назад, поэтому используемое оборудование физически и морально устарело. Другой причиной может служить изменение состава поступающих на очистные сооружения сточных вод.

2. Отсутствие эффективных экономических стимулов для рационального использования водных ресурсов. Внедрение оборотного и повторно-последовательного водоснабжения позволяет снизить не только потребление свежей воды, но и уменьшить количество сбрасываемых стоков, получив тем самым как экономический, так и экологический эффект [1]. Само наличие оборотной системы водоснабжения является довольно важным показателем уровня технического оснащения предприятия.

3. Отсутствие на предприятиях сооружений по обработке осадков, выделенных при очистке, с последующей их утилизацией. Чаще всего отходы направляются на открытые шламо-накопители, что оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о необходимости совершенствования технологий и схем очистки сточных вод, поступающих от предприятий нефтехимии и нефтепереработки.

Объектом исследования явились сточные воды нефтехимического производства. Предмет исследования – технология очистки сточных вод нефтехимических предприятий. На ЗАО «Сибур-Химпром» функционирует установка по нейтрализации и очистке промышленных сточных вод (УНиОСВ). Она предназначена для приема и очистки смеси химически загрязненных и хозяйственно-бытовых сточных вод, поступающих от технологических установок самого предприятия и сторонних промышленных объектов: ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтегазпереработка» («ЛУКОЙЛ-ПНГП»), ООО «ФЛЭК», ОАО «Минеральные удобрения» и кирпичного завода.

Расчетные расходы сточных вод, подаваемых на сооружения очистки, составляют 38 550 м³/сут (2260 м³/ч).

Сточные воды ЗАО «Сибур-Химпром», ООО «ЛУКОЙЛ-ПНГП» и ООО «ФЛЭК» содержат нефтепродукты (от 0,5 до 706 мг/л), взвешенные вещества (до 245,5 мг/л), ароматические углеводороды (бензол – до 30,7 мг/л, толуол – до 28,1 мг/л, этилбензол – до 19,34 мг/л, стирол – до 14,9 мг/л), имеют водородный показатель от 5,7 до 12,8 ед. и высокое значение ХПК (до 2727 мгО₂/л). Ниже представлена нагрузка на очистные сооружения общего потока сточных вод (табл. 1).

Таблица 1

Загрязнение сточных вод за 2011–2012 гг.

Table 1

Wastewater pollution for 2011–2012

Показатели	Единица измерения	Величина	
		2011 г.	2012 г.
ХПК	кгО ₂ /сут	1012,11	1558,95
Нефтепродукты	кг/сут	477,10	92,36
Взвешенные вещества	кг/сут	476,75	288,80
Сумма ароматики	кг/сут	38,10	41,17
Сумма органики, в том числе: – изомасляный альдегид	кг/сут	33,38	16,84
	кг/сут	6,63	3,55
Фосфаты	кг/сут	2,03	3,30
Сульфаты	кг/сут	363,65	518,26
Хлориды	кг/сут	434,79	577,61
Сухой остаток	кг/сут	3682,6	4662,65
Медь	кг/сут	0,04	0,04
Фенол	кг/сут	1,40	2,55
Сульфиды	кг/сут	0,60	1,34
Железо общее	кг/сут	3,18	6,77
Цинк	кг/сут	0,05	0,04
Алюминий	кг/сут	0,10	0,27
Хром (VI)	кг/сут	0,19	–
Хром (III)	кг/сут	0,24	–

Высокие концентрации нефтепродуктов и, следовательно, ХПК обусловлены периодическими аварийными сбросами с технологических установок.

Очистка стоков осуществляется на сооружениях с традиционной технологической схемой, принятой в 1980-х гг. (рис. 1).

Рис. 1. Существующая технологическая схема очистки
Fig. 1. The existing technological scheme of purification

За длительный период эксплуатации (более 30 лет) железобетонные конструкции сооружений УНиОСВ в значительной степени физически изношены, оборудование морально и технологически устарело.

В настоящее время очистные сооружения УНиОСВ не имеют технологической возможности обеспечить степень очистки стоков до нормативов ПДК сброса в централизованную систему коммунальной канализации г. Перми.

Низкая эффективность очистки сточных вод на существующих сооружениях УНиОСВ обусловлена следующими причинами:

- отсутствие возможности оперативно изменять и перестраивать технологический режим очистки в зависимости от состава поступающих сточных вод;
- отсутствие оборудования обработки осадков – нефтешламов, фактически уловленная нефтяная пена с песколовков, нефтеловушек, флотаторов и донный осадок откачиваются на временное хранение в шламонакопители;
- в технологической схеме отсутствуют сооружения биологической очистки и доочистки стоков с обеззараживанием, при этом нет возможности направить поток очищенных сточных вод на повторное водопотребление для нужд предприятия.

Вследствие вышеизложенного на существующих очистных сооружениях УНиОСВ сложилась необходимость строительства усовершенствованной локальной установки с применением современных технологий по очистке сточных вод и энергоэффективного оборудования.

После пуска в работу локальной установки УНиОСВ остается в работе для очистки сточных вод предприятий-абонентов ОАО «Минеральные удобрения» и кирпичного завода.

Степень очистки сточных вод на усовершенствованной локальной установке обоснована требованиями к качеству воды, направляемой на подпитку блоков оборотного водоснабжения (БОВ) предприятия [2].

Количество сточных вод, подлежащих очистке, составляет 350 м³/ч; 8400 м³/сут – смесь хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод от предприятий ЗАО «Сибур-Химпром», ООО «ЛУКОЙЛ-ПНГП» и ООО «Флек». Принятые показатели качества сточных вод, подлежащих очистке, отражены в табл. 2.

Таблица 2

Принятые показатели качества сточных вод, поступающих на очистку

Table 2

Indicators of quality of sewage arriving for treatment

Показатели	Единица измерения	Величина показателя	
		Средняя	Требуемая
Водородный показатель (рН)	ед. рН	7,75	7,65
ХПК	мгО ₂ /л	526,53	Не более 15,00
БПК _{полн}	мгО ₂ /л	395	Не более 15,00
Нефтепродукты	мг/л	33,00	Не более 0,01
Общий азот	мг/л	3,00	Не более 0,5
Взвешенные вещества	мг/л	127,18	Не более 10,00
Азот аммонийный	мг/л	3,43	Не более 3,41
Сумма ароматических углеводов	мг/л	32,54	Не более 1,00
Сумма органики	мг/л	26,34	Не более 1,00
Фосфор общий	мг/л	0,93	Не более 2,40
Сульфаты	мг/л	264	Не более 89,47
Хлориды	мг/л	221	Не более 52,70
Сухой остаток	мг/л	1733,10	Не более 900
Медь	мг/л	0,020	Не более 0,04
Кобальт	мг/л	0,085	Не более 0,6
Фенолы	мг/л	0,90	Не более 0,01
Сульфиды	мг/л	0,24	Не более 3,50
Железо общее	мг/л	1,54	Не более 0,06
Цинк	мг/л	0,039	Не более 0,06
АПАВ	мг/л	0,210	Не более 0,06
Никель	мг/л	0,020	Не более 0,06
Свинец	мг/л	0,0065	Не более 0,01
Алюминий	мг/л	4,00	Не более 0,07
Хром (VI)	мг/л	0,030	Не более 0,01
Хром (III)	мг/л	<0,01	Отсутствие

Усовершенствованная технологическая схема включает в себя следующие этапы:

- 1) механическую очистку;
- 2) физико-химическую очистку;
- 3) биологическую очистку;
- 4) доочистку;
- 5) обессоливание очищенных сточных вод методом обратного осмоса;
- 6) обезвоживание флотошлама и избыточного активного ила.

Рассмотрим каждый этап.

1. Механическая очистка.

Механическая очистка является методом предварительной очистки и применяется для выделения из сточных вод нерастворенных минеральных и органических примесей (табл. 3). На этапе механической очистки предлагается применение вращающегося барабанного сита, достоинствами которого являются тонкая механическая очистка, автоматическая промывка, компактность оборудования, возможность автоматизации [3].

Таблица 3

Эффективность механической очистки

Table 3

The effectiveness of mechanical cleaning

Показатели	Величина показателя до очистки, мг/л	% очистки	Величина показателя после очистки, мг/л
ХПК	526,53	1,8	514,44
БПК _{полн}	395,00	1,8	385,93
Общий азот по Кьельдалю	3,00	1,0	2,96
Взвешенные вещества	127,18	5,0	120,22
$P_{\text{общ}}$	0,93	5,0	0,88
Сухой остаток	1733,10	0,9	1723,76

2. Физико-химическая очистка (табл. 4).

Производственные сточные воды нефтехимических предприятий в большинстве случаев представляют собой слабоконцентрированные эмульсии или суспензии, содержащие коллоидные частицы размером 0,003–0,1 мкм, мелкодисперсные частицы 0,1–10 мкм, а также частицы размером 10 мкм и более.

Для очистки от мелкодисперсных и коллоидных частиц перед биологической очисткой предусмотрена физико-химическая обработка сточной воды, включающая коагуляцию, флокуляцию и флотацию. Данный комплекс методов наиболее эффективен при извлечении примесей, обладающих природной гидрофобностью (нефтепродукты, малорастворимые ароматические углеводороды, синтетические моющие средства и др.). Коагуляция и флокуляция значительно интенсифицируют процесс флотации загрязнений, так как в этом случае повышается гидрофобизация частиц, увеличивается величина аэрофлокул, а следовательно, возрастают силы, поднимающие загрязнения на поверхность воды во флотокамере.

Смешение сточных вод с коагулянтom и флокулянтom происходит в трубном смесителе. Он представляет собой закрытый прямоточный реактор, обеспечивающий интенсивное перемешивание.

Преимущества трубного смесителя:

- однородность формируемых флокул достигается благодаря точности в скорости реакций и времени перемешивания;
- не происходит обратного перемешивания;
- не требуется мешалка, поэтому потребление электроэнергии меньше;
- реагенты дозируются в середине труб, вследствие чего потребление реагентов минимально;
- компактная конструкция, требует минимум места.

Применяемый метод напорной флотации заключается в образовании комплексов «частицы – пузырьки», их всплывании и удалении образовавшегося пенного слоя с поверхности обрабатываемой воды. Кроме того, применяемая флотационная установка оснащена тонкослойными модулями, что позволяет значительно сократить занимаемую площадь по сравнению с традиционной технологией осветления воды, а следовательно, уменьшить капитальные затраты.

Таблица 4

Эффективность физико-химической очистки

Table 4

The effectiveness of physico-chemical treatment

Показатели	Величина показателя до очистки, мг/л	% очистки	Величина показателя после очистки, мг/л
ХПК	543,28	30	381,44
БПК _{полн}	386,65	30	273,59
Общий азот по Кьельдалю	2,96	1,0	2,93
Нефтепродукты	33,47	95	1,76
Взвешенные вещества	124,07	80	42,78
Сумма ароматического углеводорода	32,71	50	17,03
$P_{\text{общ}}$	0,95	90	0,10
Сухой остаток	1723,76	–	1609,67
$Fe_{\text{общ}}$	1,61	80	0,36
Анионные ПАВ	0,21	50	0,10
Алюминий	5,39	95	1,41

3. Биологическая очистка (табл. 5).

После физико-химической очистки сточные воды, содержащие растворимые органические вещества, не удаленные на стадии физико-химической очистки, направляются на биохимическую очистку [4].

Таблица 5

Эффективность биологической очистки

Table 5

The effectiveness of biological treatment

Показатели	Величина показателя до очистки, мг/л	% очистки	Величина показателя после очистки, мг/л
ХПК	381,44	85	57,22
БПК _{полн}	273,59	98	5,47
Общий азот по Кьельдалю	2,93	90	0,29
Нефтепродукты	1,76	95	0,09
Взвешенные вещества	42,78	40	25,67
Сумма ароматического углеводорода	17,03	92	1,36
Сумма органики	26,21	80	5,24
$P_{\text{общ}}$	0,10	40+H ₃ PO ₄	0,9
Сухой остаток	1609,67	–	1382,71
Фенол	0,90	70	0,27
$Fe_{\text{общ}}$	0,36	80	0,07
Анионные ПАВ	0,10	50	0,05
Алюминий	1,41	95	0,07

Биохимический (или биологический) метод позволяет достигнуть наибольшей эффективности в очистке сточных вод от растворенных органических и неорганических загрязнителей. Данный процесс основан на способности некоторых микроорганизмов использовать загрязняющие сточные воды вещества для питания в процессе своей жизнедеятельности.

В данной схеме принят реактор идеального смешения, состоящий из аноксидного селектора, аэротенка и вторичного отстойника.

Благодаря биохимической очистке значительно снижаются концентрации по таким показателям, как БПК, ХПК, взвешенные вещества, нефтепродукты, органика и др. [5].

4. Доочистка.

Доочистка сточных вод (табл. 6) реализуется на компактной модульной системе, состоящей из четырех фильтров с фильтрующей загрузкой из пористых полимерных шариков. Низкая плотность и высокая пористость фильтрующей среды позволяют обеспечить значительную грязеемкость фильтра, превышающую в несколько раз этот показатель для песчаных фильтров [6].

Достоинства данного фильтра:

- равномерное распределение задерживаемого осадка по толщине загрузки, определяющее меньшие потери напора и более продолжительную рабочую фазу;
- устойчивость фильтрующего материала к износу при неоднократной реактивации, дающая возможность бессменного использования в течение 10–15 лет;
- высокая адаптивность фильтра к изменяющимся параметрам очистки, позволяющая работать в широком диапазоне концентраций и размеров удаляемых частиц;
- быстрая самоокупаемость и последующая экономичная эксплуатация, обусловленная длительным сроком полезного использования фильтрующего материала, отсутствием необходимости в реагентах и низким энергопотреблением.

Таблица 6

Эффективность доочистки

Table 6

The efficiency of the purification

Показатели	Величина показателя до очистки, мг/л	% очистки	Величина показателя после очистки, мг/л
ХПК	57,22	2	56,07
БПК _{полн}	5,47	2	5,36
Общий азот по Кьельдалю	0,29	2	0,28
Нефтепродукты	0,09	95	0,00
Взвешенные вещества	25,67	70	7,70
Сумма ароматического углеводорода	1,36	50	0,68
Сумма органики	5,24	80	1,05
Сухой остаток	382,71	–	1381,91
Fe _{общ}	0,07	50	0,04

5. Обессоливание.

Для достижения требуемых параметров очищенных сточных вод по сульфатам и хлоридам спроектирована установка обратного осмоса. Мембранная очистка позволяет достичь высокого уровня очистки сточных вод при сравнительно низком уровне энергопотребления [7].

Мембранные технологии могут обеспечивать наивысшую степень очистки воды, удаляя из нее не только привнесенные загрязнения, но и растворенные вещества, приближая качество воды к дистилляту (табл. 7) [8].

Эффективность обессоливания

Таблица 7

Table 7

The efficiency of desalination

Показатели	Величина показателя до очистки, мг/л	% очистки	Величина показателя после очистки, мг/л	Величина показателя после смешивания с частью обеззараженного стока от УФ-установки, мг/л
ХПК	56,07	80	11,21	14,70
БПК _{полн}	5,36	80	1,07	2,27
Общий азот по Кьельдалю	0,29	50	0,14	0,18
Нефтепродукты	0,00	99	0,00	0,00
Взвешенные вещества	7,70	99	0,08	2,20
N аммонийный	3,41	80	0,68	0,99
Сумма ароматического углеводорода	0,68	50	0,34	0,44
Сумма органики	1,05	50	0,52	0,67
P _{общ}	0,90	91	0,081	0,31
Сульфаты	262,76	99,3	1,97	74,72
Хлориды	273,35	99,3	2,05	51,33
Сухой остаток	1381,91	99,3	10,36	392,99
Cu	0,02	99	0,000	0,01
Co	0,08	99	0,001	0,02
Фенол	0,27	98	0,005	0,08
Сульфиды	0,24	99	0,002	0,07
Fe _{общ}	0,04	90	0,004	0,01
Цинк	0,04	90	0,004	0,01
Анионные ПАВ	0,05	90	0,005	0,02
Никель	0,02	90	0,002	0,01
Свинец	0,01	90	0,001	0,00
Алюминий	0,07	90	0,007	0,02
Хром +6	0,03	90	0,003	0,01
Хром +3	0,00	90	0,000	0,00

6. Обезвоживание флотошлама и избыточного активного ила.

Первичное обезвоживание избыточного ила с влажностью 99,2 % осуществляется на барабане обезвоживания. После этого частично обезвоженный ил (96 %) совместно с флотошлагом подается на глубокое обезвоживание на двухфазной декантерной центрифуге (до 80 %).

Технология двухступенчатого обезвоживания избыточного активного ила позволит сократить его объем в 10 раз. Отходы очистки сточных вод (обезвоженный шлам) собираются в герметичных контейнерах и по мере накопления передаются на утилизацию в организацию, имеющую лицензию на данный вид деятельности.

В табл. 8 представлен сводный перечень основного технологического оборудования усовершенствованной схемы.

Таблица 8

Сводная таблица технологического оборудования

Table 8

Summary table of technological equipment

№ п/п	Наименование	Технические характеристики
Механическая очистка		
1	Барабанное сито	Производительность – 420 м ³ /ч Мощность – 1,5 кВт Масса – 2540 кг
Усреднение		
2	Усреднитель	Заглубленный монолитный железобетонный резервуар Габаритные размеры – 18,00 × 18,00 × 5,00 м Геометрический объем – 1620 м ³ Рабочий объем – 1037 м ³
Физико-химическая очистка		
3	Смеситель трубного типа	Производительность – 350 м ³ /ч Масса – 1050 кг Материал – ПВП PN6
4	Флотационная установка	Производительность – 350 м ³ /ч Мощность – 19,25 кВт Масса – 10 500 кг Материал: – смачиваемые части – нержавеющая сталь 316; – опора – нержавеющая сталь 304
Биологическая очистка		
5	Селектор	Заглубленный монолитный железобетонный резервуар Габаритные размеры – 6,90 × 6,90 × 4,50 м Геометрический объем – 214 м ³ Рабочий объем – 200 м ³
6	Аэротенк	Заглубленный монолитный железобетонный двухсекционный резервуар Габаритные размеры – 24,00 × 45,00 × 6,0 м Геометрический объем – 6480 м ³ Рабочий объем – 5940 м ³
7	Вторичный отстойник	Заглубленный монолитный железобетонный резервуар Диаметр – 32 м Площадь осветления – 804 м ²
Доочистка		
8	Фильтры тонкой очистки	Производительность – 127 м ³ /ч Мощность – 2,8 кВт Масса – 3000 кг
9	Установка ультрафиолетового обеззараживания	Производительность – 350 м ³ /ч Мощность – 5,9 кВт Масса – 1000 кг
Обессоливание		
10	Установка обратного осмоса	Производительность – 250 м ³ /ч Масса – 10 000 кг
Обработка осадка		
11	Декантирующая центрифуга	Тип – двухфазная горизонтальная декантирующая центрифуга Производительность – 1,25 м ³ /ч Мощность – 8,25 кВт Масса – 1500 кг
12	Барабан обезвоживания	Производительность – 4 м ³ /ч Мощность – 0,55 кВт Масса – 425 кг

Усовершенствованная технологическая схема очистки сточных вод ЗАО «Сибур-Химпром» приведена на рис. 2.

Рис. 2. Усовершенствованная схема очистки сточных вод
Fig. 2. An improved scheme of wastewater treatment

Выводы:

1. В усовершенствованной схеме подобраны оптимальные современные технологии для реализации очистки сточных вод от нефтехимического предприятия исходя из заданных концентраций.
2. Реализация механической и физико-химической очистки, полного цикла двухступенчатого процесса биологического окисления органических загрязнений обеспечит снижение концентрации вредных примесей до значений предельно допустимого сброса очищенных вод.

3. Данная технология обеспечивает достижение нормативных показателей, установленных для возврата отработанной воды в систему оборотного водоснабжения [9].
4. Исключается хранение обезвоженных осадков в существующих шламонакопителях.
5. В разработанной схеме решены проблемы, выявленные выше. Таким образом, данная локальная установка является объектом экологической направленности.

Библиографический список

1. Ксенофонов Б.С. Очистка воды и почвы флотацией. – М.: Новые технологии, 2004. – 224 с.
2. Оборотное водоснабжение промышленных предприятий / Д.В. Павлов, С.О. Вараксин, А.А. Степанова, В.А. Колесников // Сантехника. – 2010. – № 2. – С. 30–39.
3. Павлов Д.В., Вараксин С.О., Колесников В.А. Модернизация очистных сооружений гальванических производств // Сантехника. – 2010. – № 3. – С. 26–35.
4. Первов А.Г., Андрианов А.П., Горбунова Т.П. Бессточные схемы водоподготовки на основе мембранных технологий [Электронный ресурс] // Интернет-вестник Волгоград. гос. арх.-строит. ун-та. Сер. Политематическая. – 2011. – Вып. 4 (19). – URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articulo=711> (дата обращения: 25.05.2016).
5. Анализ химико-технологических водных систем нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий [Электронный ресурс] / Ю.Р. Абдрахимов, Г.М. Шарафутдинова, Р.И. Хангильдин, А.Р. Хангильдина // Нефтегазовое дело. – 2011. – № 6. – URL: <http://ogbus.ru/article/analiz-ximiko-tekhnologicheskix-vodnyx-sistem-neftepererabatyvayushhix-i-nefteximicheskix-predpriyatij> (дата обращения: 25.05.2016).
6. Igunnu E.T., Chen G.Z. Produced water treatment technologies // International Journal of Low-Carbon Technologies. – 2014. – № 9. – P. 157–177.
7. Flotation, filtration, and adsorption: pilot trials for oilfield produced-water treatment / R.S. Al-Maamari, M. Sueyoshi, M. Tasaki, K. Okamura, Ya. Al-Lawati, R. Nabulsi, M. Al-Battashi // Oil and Gas Facilities. – 2014. – № 4. – P. 560–566.
8. Hayes T., Arthur D. Overview of emerging produced water treatment technologies // The 11th Annual International Petroleum Environmental Conference. – Albuquerque, 2004.
9. RPSEA Project 07122-12. An integrated framework of produced water treatment technologies. – 1st ed. – Colorado School of Mines, 2009.

References

1. Ksenofontov B.S. Ochistka vody i pochvy flotatsiei [Purification of water and soil by flotation]. Moscow: Novye tekhnologii, 2004. 224 p.
2. Pavlov D.V., Varaksin S.O., Stepanova A.A., Kolesnikova V.A. Oborotnoe vodosnabzhenie promyshlennykh predpriatii [Recycling water supply of industrial enterprises]. *Santekhnika*, 2010, no. 2, pp. 30-39.
3. Pavlov D.V., Varaksin S.O., Kolesnikov V.A. Modernizatsiia ochistnykh sooruzhenii gal'vanicheskikh proizvodstv [The modernization of treatment facilities of galvanic production]. *Santekhnika*, 2010, no. 3, pp. 26-35.
4. Pervov A.G., Andrianov A.P., Gorbunova T.P. Besstochnye skhemy vodopodgotovki na osnove membrannykh tekhnologii [Closed scheme of water treatment based on membrane technol-

ogy]. *Internet-vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seria Politematicheskaya*, 2011, iss. 4 (19), available at: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articulo=711> (accessed 25 May 2016).

5. Abdrakhimov Iu.R., Sharafutdinova G.M., Khangil'din R.I., Khangil'dina A.R. Analiz khimiko-tekhnologicheskikh vodnykh sistem neftepererabatyvaiushchikh i neftekhimicheskikh predpriyatii [Analysis of chemical-technological water systems of oil refineries and petrochemical plants]. *Neftegazovoe delo*, 2011, no. 6, available at: <http://ogbus.ru/article/analiz-khimiko-tekhnologicheskix-vodnyx-sistem-neftepererabatyvayushhix-i-nefteximicheskix-predpriyatij> (accessed 25 May 2016).

6. Igundu E.T., Chen G.Z. Produced water treatment technologies. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 2014, no. 9, pp. 157-177.

7. Al-Maamari R.S., Sueyoshi M., Tasaki M., Okamura K., Al-Lawati Ya., Nabulsi R., Al-Battashi M. Flotation, filtration, and adsorption: pilot trials for oilfield produced-water treatment. *Oil and Gas Facilities*, 2014, no. 4, pp. 56-66.

8. Hayes T., Arthur D. Overview of emerging produced water treatment technologies. *The 11th Annual International Petroleum Environmental Conference*. Albuquerque, 2004.

9. RPSEA Project 07122-12. An integrated framework of produced water treatment technologies. Colorado School of Mines, 2009.