

1	2	3	4	5	6
40	2,2	0,011	12,1	3,9	67,78
50	2,2	0,011	12,1	4,05	66,53
60	2,2	0,011	12,1	3,87	68,02
70	2,2	0,011	12,1	3,71	69,34
10	5	0,0248	35,63	4,87	86,3
20	5	0,0248	35,63	11,85	66,7
30	5	0,0248	35,63	9,32	73,8
40	5	0,0248	35,63	9,38	73,7
50	5	0,0248	35,63	9,59	73,08

Таблица 7. Характеристики режима фильтрации при удалении взвешенных веществ ($\rho=75 \text{ кг/м}^3$, $H=16 \text{ см}$)

Время отбора проб, мин	Скорость течения воды, м/ч	Расход сточной воды, м ³ /ч	Начальная концентрация взвешенных веществ, мг/дм ³	Конечная концентрация взвешенных веществ, мг/дм ³	Эффект очистки, %
10	1,0	0,005	16,2	3,07	81,05
10	2,2	0,011	32,57	3,74	88,52
10	5,0	0,0248	60,41	16,36	72,9

GRUZINOVA V.L. Intensity of job of clearing structures petroleum of containing waste water of the railway enterprises

The purpose of the given job is the establishment of an optimum mode of process of loss of substance from a solution and process of absorption of one substance by another processings the petroleum contains waste water of the enterprises of a railway transportation of Republic Belarus, at which the maximal effect of clearing of drains on the weighed substances and petroleum is observed. For achievement of an object in view the laboratory researches with application oxyhlorid of aluminium for definition of an optimum doze of chemical substance, time of his mixture with water and time of upholding of drains were carried out. Besides the researches on an establishment of an optimum mode of absorption were carried out at extraction from waste water of the railway enterprises of petroleum and weighed substances, as loading using a polymeric fibrous material on the basis of breakage of chemical manufacture. Upon termination of researches on the basis of positive results the recommendations for application oxyhlorid of aluminium and polymeric substance were developed which absorbs other substance in systems of clearing petroleum of containing waste water.

УДК 628.162

Магрел Лех, Брылка Ежи, Сторожук Н.Ю.

СВЕДЕНИЯ ОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ПОВЕРХНОСТНОЙ И ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ АЭРАЦИИ НА ПРИМЕРЕ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ ГОРОДА БЕЛОСТОКА

ВВЕДЕНИЕ

Строительство городской очистной станции сточных вод в Белостоке осуществлялось с 1980 по 1994 гг. на основании проекта варшавского проектного бюро коммунального строительства «Столица». Объект был введен в эксплуатацию в 1994 году. На очистной станции используются следующие сооружения:

- главная насосная станция с механическими решетками;
- горизонтальные аэрируемые песколовки;
- первичные горизонтальные отстойники;
- аэротенки;
- вторичные радиальные отстойники;
- насосная станция для перекачки осадка;
- гравитационные, радиальные илоуплотнители;
- бродильные камеры;
- газохранилище;
- биологические пруды.

ПРОЕКТНЫЕ ДАННЫЕ

Производительность: $Q_{\text{ср}} = 176500 \text{ м}^3/\text{сут.}$, $Q_{\text{ср ч}} = 10400 \text{ м}^3/\text{час}$
 Концентрация загрязнений: БПК₅ = 300 г O₂/м³, взвешенные вещества – 355 г/м³

Количество загрязнений: БПК₅ = 53000 кг/сут., взвешенные вещества – 62500 кг/сут

Количество осадка, поступающего на сбраживание – 1700 м³/сут.

Количество сброженного осадка – 1000 м³/сут.

Количество газа – 26000 м³/сут.

Восемь аэротенков с системой поверхностной аэрации емкостью 7000 м³ каждый сгруппированы в двух отдельных технологических очередях. С целью обеспечения необходимого количества кислорода, в каждом аэротенке были запроектированы шесть аэраторов

POWOGAZ типа APC 2700 со следующей производительностью:

- от 39 до 84 кг O₂/час при высоких оборотах;
- от 23 до 30 кг O₂/час при низких оборотах (в зависимости от глубины погружения ротора).

Было принято время аэрирования (при $Q_{\text{ср ч}} = 10400 \text{ м}^3/\text{час}$) примерно 6 часов, а нагрузка на активный ил 0,26 кг БПК₅ на кг ила в сутки, при концентрации активного ила 3,5 кг/м³. Стоки подводятся лотками, проложенными на 2/3 длины аэротенков.

Каждая технологическая очередь представляет собой единый бассейн из четырех аэротенков, соединенных трубопроводом диаметром 1600 мм, с открытым лотком, отводящим смесь стоков и активного ила во вторичные отстойники. Осветленные стоки отводятся по лотку в водоем-приемник.

Шесть вторичных радиальных отстойников диаметром 48 м и глубиной 3,5 м, сгруппированы в два комплекса. Каждый имеет отдельный трубопровод, по которому смесь стоков и активного ила, откачанная при помощи гидроэлеваторов, поступает на насосную станцию.

Насосная станция имеет два приемных отделения, разделенных шибером. Пять рециркуляционных насосов установлены таким образом, чтобы использовать либо одно, либо два приемных отделения.

В 1994 году на аэротенках, входящих во вторую технологическую очередь, была проведена модернизация, которая касалась замены системы поверхностной аэрации системой мелкопузырчатой пневматической аэрации с выделением зон для удаления избытка биогенных соединений. Система аэрации были изменена в 4 из 8 аэротенков. Модернизация проводилась на существующих объектах без внесения изменений в технологические трубопроводы. В процессе модернизации предполагалось установить пять воздухоподувок фирмы Ochsner (Австрия) с двигателями мощностью 160 кВт каждый, которые позже заменили двигателями мощностью 200 кВт.

Магрел Лех, Брылка Ежи, Белостокский политехнический институт.

Сторожук Н.Ю., Брестский государственный технический университет.

Воздух подводится трубопроводами из кислотоупорных стальных труб диаметром от 300 до 600 мм. Система распределения воздуха в аэротенках была смонтирована при помощи труб ПВХ и мембранных диффузоров фирмы «Водэко» (Сосновец) в количестве около 10000 штук. В зонах дефосфорации и денитрификации были установлены мешалки фирмы VOGEL для интенсификации процесса перемешивания.

В модернизированных аэротенках была предложена технологическая схема с дефосфорацией в первой части сооружения, куда поступает большая часть стоков и весь циркуляционный активный ил, затем двухступенчатая система нитрификации и денитрификации.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ МОДЕРНИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО УЗЛА

Технологический проект модернизации биологического узла был разработан в двух вариантах:

Первый вариант для производительности станции 126500 м³/сутки

Пропускная способность модернизированной системы – 63250 м³/сутки. Принятая концентрация активного ила – 3,5 кг/м³, нагрузка на активный ил 0,15 кг БПК₅ на кг ила в сутки и возраст активного ила – 13 суток. Для осуществления этой программы приняли 5 воздуходувок с давлением 600 мбар и производительностью 823 м³/час каждая.

Проектируемое снижение концентрации фосфора с 11,3 г/м³ до 2,76 г/м³. Количество азота, усвояемого биомассой, – 8,4 г из 29,4 гN/м³, оставшийся азот в количестве 21 г/м³ уменьшается на 50% в процессе денитрификации, что дает в итоге 10,5 г/м³ азота.

Второй вариант для производительности станции 176500 м³/сутки

В этом варианте проекта предполагается модернизация системы аэрации всех существующих аэротенков. По сравнению с первым вариантом концентрация активного ила возросла до 5 кг/м³ с сохранением возраста активного ила 13 суток. Снижение концентрации фосфора – с 11,3 г/м³ до 4,5 г/м³.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ АЭРАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Работа первой технологической очереди была стабильной, но процесс пуска модернизированной технологической очереди имел много затруднений. Главной причиной было техническое несовершенство системы, выражающееся в частности в:

- частых авариях воздуходувок;
- бесконтрольных перерывах в работе воздуходувок, управляемых при помощи кислородных зондов (чрезмерное давление воздуха в трубопроводах вызывало отключение воздуходувок);
- неэффективном перемешивании содержимого аэротенков;
- срывах перегородок, выделяющих отдельные зоны (это вызвало периодическое отключение аэротенков).

После устранения перечисленных выше проблем, в мае 1995 года, под авторским надзором фирмы, осуществляющей модернизацию, была начата работа по оптимизации процесса биологического удаления органических и биогенных соединений. В этот период приток сточных вод на станцию был на уровне: $Q_{\text{ср.сут}} = 88000 \text{ м}^3/\text{сут}$, $Q_{\text{ср.макс}} = 121900 \text{ м}^3/\text{сут}$

Средние концентрации загрязнений в стоках, поступающих на очистную станцию в 1995 году составляли: БПК₅ = 232 г O₂/м³, ХПК = 580 г O₂/м³; азот общий = 40 гN/м³; аммонийный азот = 24 гNH₄⁺/м³; фосфор общий = 4,7 г P/м³; взвешенные вещества – 289 г/м³.

На модернизированную технологическую очередь поступала половина из общего количества стоков, оставшаяся сточная вода поступала в аэротенки, оборудованные поверхностными аэраторами.

Ввиду недостатка согласованности в работе системы пневматической аэрации (начиная от воздуходувок с ручным пуском, неравномерности распределения воздуха при двухуровневом размещении диффузоров, заканчивая недостатком эффективного управления воздуходувками на основании показателей кислородных датчиков) ввод в эксплуатацию модернизированной очереди проходил в нестабильных условиях.

Определение концентраций загрязнений сточной воды проводились отдельно на выпуске после каждой из технологических очереди. Результаты наблюдений, ведшихся на протяжении 1995 и 1997 гг. представлены в таблицах 1 и 2 и на рисунках 1,2. Исследования

показали, что в модернизированной системе, особенно в начальный период, хорошо протекал только процесс удаления органических соединений. Зато процесс денитрификации был неудовлетворительным. На выпуске из очистных сооружений в очищенной сточной воде обнаруживались значительные концентрации азота общего и аммонийного. Уровень содержания в очищенной воде фосфора снижался только на 45%, в то время, как в проекте было заложено снижение на 70%.

В конце 1995 года были приняты показатели концентраций загрязнений сточных вод на выпуске из очистных сооружений, общие для двух технологических очередей: БПК₅ = 6 г O₂/м³, ХПК = 54 г O₂/м³, азот общий = 7 гN/м³, аммонийный азот = 4 гNH₄⁺/м³, фосфор общий = 2,5 г P/м³, взвешенные вещества – 21 г/м³.

Основываясь на представленных результатах анализов очищенных стоков, подтвержденных контролирующими органами, воеводское Управление в Белостоке выдало разрешение на выпуск стоков на период с начала 1996 года до окончания 2000 года, определяя допустимые концентрации загрязнений на следующую очередь: БПК₅ = 20 г O₂/м³, ХПК = 70 г O₂/м³, аммонийный азот = 6 гNH₄⁺/м³, фосфор общий = 6 г P/м³, взвешенные вещества – 30 г/м³.

В связи с большой аварийностью системы пневматической аэрации и неудовлетворительным ходом процесса нитрификации в модернизированных аэротенках, а также с отсутствием денитрификации в аэротенках с системой поверхностной аэрацией, удерживать концентрации загрязнений стоков на выпуске из очистных сооружений на уровне ПДК, утвержденных Управлением Белостокского воеводства, в разное время года было трудно. Тем более, что интерес фирмы, осуществлявшей модернизацию аэротенков, к техническим и технологическим проблемам со временем снижался. Заказчик не получил инструкций по технологической эксплуатации несмотря на то, что это было оговорено в договоре. В сложившейся ситуации были предприняты попытки приспособить модернизированную технологическую очередь к актуальным потребностям в удалении соединений азота и фосфора.

В период, предшествующий этому, в стоках, поступающих в аэротенки, средние концентрации фосфора колебались на уровне 5 г/м³, а азота – 40 г/м³. В связи с неэффективной нитрификацией, изменения состояли в увеличении возраста активного ила с повышением его концентрации и в смене функций отдельных секций вместе с удалением двух из пяти перегородок, отделяющих зоны. Вышеуказанные изменения были согласованы с автором технологического проекта и введены во всех четырех аэротенках, оснащенных пневматической аэрацией.

1997 год был достаточно стабильным. На двух технологических очередях очищалось одинаковое количество стоков. Кроме того, в этом году отмечалась наименьшая аварийность в системе пневматической аэрации. Результаты наблюдений для обеих технологических линий представлены в таблице 2 и на графике 2.

В 1998 году по техническим причинам (аварии циркуляционных насосов), системы вновь были объединены. Средние концентрации загрязнений в стоках на выпуске составляли: БПК₅ = 5,7 г O₂/м³, ХПК = 50 г O₂/м³, азот общий = 3,5 гN/м³, аммонийный азот = 1,9 гNH₄⁺/м³, фосфор общий = 3 г P/м³, взвешенные вещества – 14 г/м³.

Несмотря на то, что концентрации загрязнений стоков на выпуске из очистных сооружений в течение всего 1998 года были удовлетворительными, ввиду большой аварийности системы пневматической аэрации (часть воздуходувок требовала капитального ремонта), а также на основании результатов 1997 года, была начата оптимизация системы поверхностной аэрации. Она состояла в том, что вместо имеющихся аэраторов установили мешалки, перенесенные из выключенных аэротенков с пневматической аэрацией. Таким образом, в аэротенках образовалась зона денитрификации, позволяющая значительно снизить содержание азота в сточной воде.

Произведенные изменения не требовали значительных капиталовложений. Они позволяют удерживать эффект очистки в пределах, утвержденных Управлением воеводства. Значительный запас объема сооружений биологической очистки делает возможным дальнейшее улучшение процессов удаления соединений углерода, азота и фосфора, а также приспособиться к увеличению объемов сточных вод, поступающих на очистку.

Таблица 1. Результаты сравнения анализов очищенных сточных вод в 1995 году (А – система пневматической аэрации, Б – система поверхностной аэрации)

Показатель \ Месяц	БПК ₅		ХПК		Взвешенные вещества		Общий азот		Аммонийный азот		Общий фосфор	
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Апрель	4	4	45	35	17	19	2,8	0	2,8	0	2,4	1,9
Май	2,5	2,5	48	52	17	27	7,3	3,6	6,5	2,9	3,5	3,2
Июнь	3	2,6	60	50	8	11	1,4	0,6	0,6	0	1,6	1,6
Июль	5	6	31	55	14	16			1,4	2,5	3,1	3,6
Август	8,5	5,2	63	62	25	31	8,4	8,4	12	9	3,9	3,6
Сентябрь	5,5	9	41	51	13	18	5,7	4,8	1,7	2,5	1,6	1,7
Октябрь	5	6	60	48	27	32	6,4	7,8	1,8	1,7	2,2	1,9
Ноябрь	7	7	56	55	12	13	11,2	3	8	1	2,2	2,1
Декабрь	8	10	43	48	12	20	5,6	1,9	5,5	0,9	2,1	2,2
СРЕДНИЕ	5,4	5,8	49,7	50,7	16,1	20,8	7,5	3,8	4,5	2,3	2,5	2,4

Источник: собственные исследования

Таблица 2. Результаты сравнения анализов очищенных сточных вод в 1997 году (А – система углубленной аэрации, Б - система поверхностной аэрации)

Показатель \ Месяц	БПК ₅		ХПК		Взвешенные вещества		Общий азот		Аммонийный азот		Общий фосфор	
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Январь	4,3	4	43	44	12	12	4,5	5	3,6	2,9	3	3,1
Февраль	6,9	5	53	57	12	16	6,8	5	4,2	2,5	2,3	2,9
Март	9,8	6,8	63	49	15	14,5	15,5	8,1	13,9	6,7	3,2	3,4
Апрель	5,8	5,6	53	50	13	16,8	15,1	3,1	13,7	1,7	2,8	3
Май	6	4,5	52	49	20	16	11,1	6,8	7,2	2,6	4,3	3,9
Июнь	7,6	4,7	48	49	13	16	6,4	2,7	3,9	1	5,3	4,5
Июль	7,8	6,6	56	54	17	20	7,9	4,9	3,7	2,1	4,3	4,1
Август	3,8	5,3	50	62	15	16	9	5,6	6,7	2,9	3,6	3,5
Сентябрь	4,1	5,2	45	56	15	17	4	4,9	1,4	2,2	3,5	4,4
Октябрь	4	4,3	55	53	14	17	2,5	5,7	1	0,6	3,6	4,1
Ноябрь	5	6,7	41	49	15	12	1,7	1,7	0,7	0,4	3,4	2,7
Декабрь	5	5,5	56	55	19	20	3,5	6	1	1,5	3,3	1,8
СРЕДНИЕ	5,8	5,4	51,3	52,3	15	16,1	7,3	5	5,1	2,3	3,6	3,5

Источник: собственные исследования

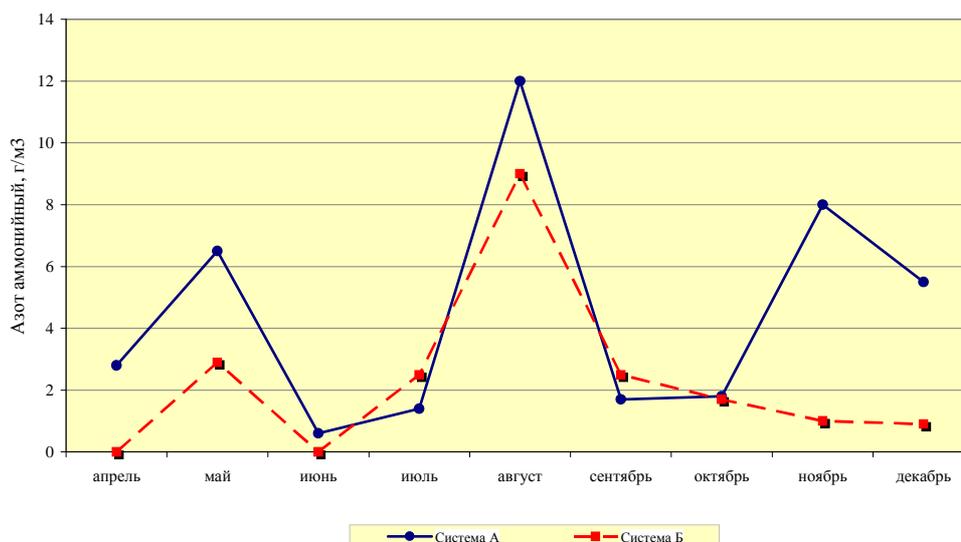


Рис. 1. Сравнение концентраций аммонийного азота в очищенных сточных водах в 1995 году (А – система углубленной аэрации, Б – система поверхностной аэрации)

ВЫВОДЫ

Очистные сооружения встали перед необходимостью удаления избытка биогенных соединений и снижения концентрации органических соединений. Было много разных предложений по решению этой проблемы, однако не хватало достаточно проверенных сведений в

этой области. Выбор концепции был очень трудным, так как люди, осуществлявшие эксплуатацию очистных сооружений, не имели достаточной осведомленности относительно состава стоков (не было обязательным определение содержания биогенных элементов в сточных водах). Глядя на это по прошествии нескольких лет, авторы

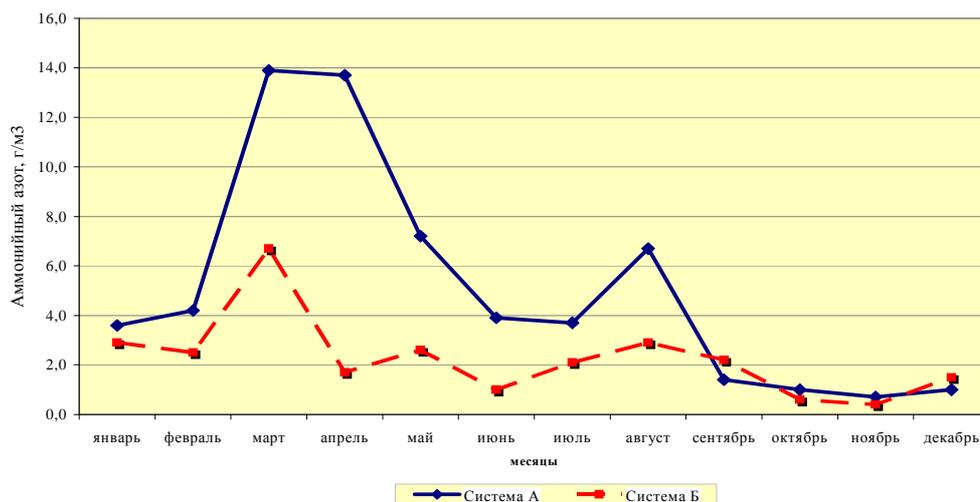


Рис. 2. Сравнение концентраций аммонийного азота в очищенных сточных водах в 1997 году (А – система углубленной аэрации, Б – система поверхностной аэрации)

считают, что технология, предложенная к применению на очистной станции в Белостоке, является упрощением интегрированного процесса биологического удаления органических соединений вместе с избытком биогенных соединений. Вызывает критические замечания также изменение системы поверхностной аэрации на систему пневматической аэрации ввиду непригодной для данной системы конструкции аэротенков. Неудачными оказались расчеты, содержащиеся в «Анализе целесообразности изменения технологии биологической очистки

стоков», определяющие период возврата средств, вложенных в модернизацию, за счет экономии электроэнергии, от 2 до 5 лет.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Serafin M., Tabernacki J. Biochemiczne usuwanie azotu i fosforu ze ścieków w świetle doświadczeń duńskich, gaz, woda i technika sanitarna 9/92.
2. Dymaczewski Z., Oleszkiewicz J.A., Sozański M.M. Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków, pziś, poznań, 1997.

Материал поступил в редакцию 17.03.08

BRYLKA E., MAGREL L., STOROZUK N.Y. The items of information on operation of systems of superficial and pneumatic aeration on an example of sewer clearing station of city Belostock

The items of information on modernization of system of aeration of structures of biological clearing at clearing sewer station Belostock are given. The comparison of efficiency of removal of organic connections and biological elements in аэротенках with pneumatic and superficial aeration is given.

УДК 628.162

Житенев Б.Н., Науменко Л.Е.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ РЕАГЕНТАМИ-ОСАДИТЕЛЯМИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

ВВЕДЕНИЕ

При эксплуатации станций обезжелезивания от 2,5..5,0 до 10,0 % очищенной воды расходуется на промывку фильтров. Промывная вода после регенерации загрязнена соединениями железа, взвешенными веществами и имеет повышенную цветность.

Наиболее рациональным способом удаления промывных вод является их повторное использование [1, 2]. Однако при эксплуатации сооружений повторного использования из-за недостаточной эффективности гравитационного осветления возникают трудности в работе станции обезжелезивания: уменьшается фильтроцикл, ухудшается качество фильтрата, увеличивается расход воды на собственные нужды станции. Поэтому отказываются от использования оборота промывных вод, и высококонцентрированные железосодержащие воды сбрасываются в водные объекты, складки рельефа, загрязняя окружающую среду, или направляются для очистки на канализационные очистные сооружения населенного пункта.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

На кафедре водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения УО «Брестский государственный технический университет» разработана технология обработки промывных вод и утилизации образующихся осадков [3, 4]. Сущность технологии заключается в осаждении соединений железа коагулянтами и реагентом-осадителем фосфатом натрия Na_3PO_4 .

Эффективность использования данной технологии подтвержден полупроизводственными испытаниями на водозаборе № 4 «Западный» г. Бреста. На станции обезжелезивания расположены 4 открытых скорых фильтра с центральным сборным каналом, прямоугольные в плане с размерами 6,0×6,5 м. Регенерация фильтрующей загрузки (гранитный щебень) осуществляется водовоздушной промывкой. Вода на промывку подается из водонапорной башни, объем которой составляет 500 м³, объем воды на промывку одного филь-

Житенев Борис Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения УО «Брестский государственный технический университет».

Науменко Людмила Евгеньевна, ассистент кафедры водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения УО «Брестский государственный технический университет».

ул. Московская, 267, УО БрГТУ, 224017, г. Брест, Беларусь, e-mail: gitenev@tut.by, lesheina@mail.ru