

## Импульсная регенерация катионита в натрий-катиономом фильтре

*А.Г. Бажанов, Н.Г. Прокопов*

*Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева, Саранск*

**Аннотация:** В статье была разработана экспериментальная модель импульсной регенерации натрий-катионового фильтра. Данная модель может работать как при стационарном потоке воды, так и при импульсном. Установлено, что при высокой частоте импульсов поток воды стремится к стационарному. Получено, что при любой частоте в импульсном потоке воды гидравлические потери всегда будут меньше, чем при стационарном. При этом наименьшие гидрпотери наблюдаются при низкой частоте импульсов 1 Гц, также наблюдается уменьшение гидрпотерь в интервале от 4 до 6 Гц. Установлено, что при одинаковой концентрации солевого раствора, жесткость очищаемой воды ниже при импульсном режиме, чем при стационарном. При этом наименьшая жесткость достигается при низкой частоте импульсов 1 Гц. Установлено, что время, затраченное на регенерацию при равном давлении на входе, будет больше при импульсном потоке воды, чем при стационарном, при любой частоте импульсной регенерации.

**Ключевые слова:** катионит, водоподготовка, натрий-катионовый фильтр, стационарный поток воды, импульсный поток воды, частота, солевой раствор, параллельнопоточная регенерация, гидравлические потери, давление.

### Введение

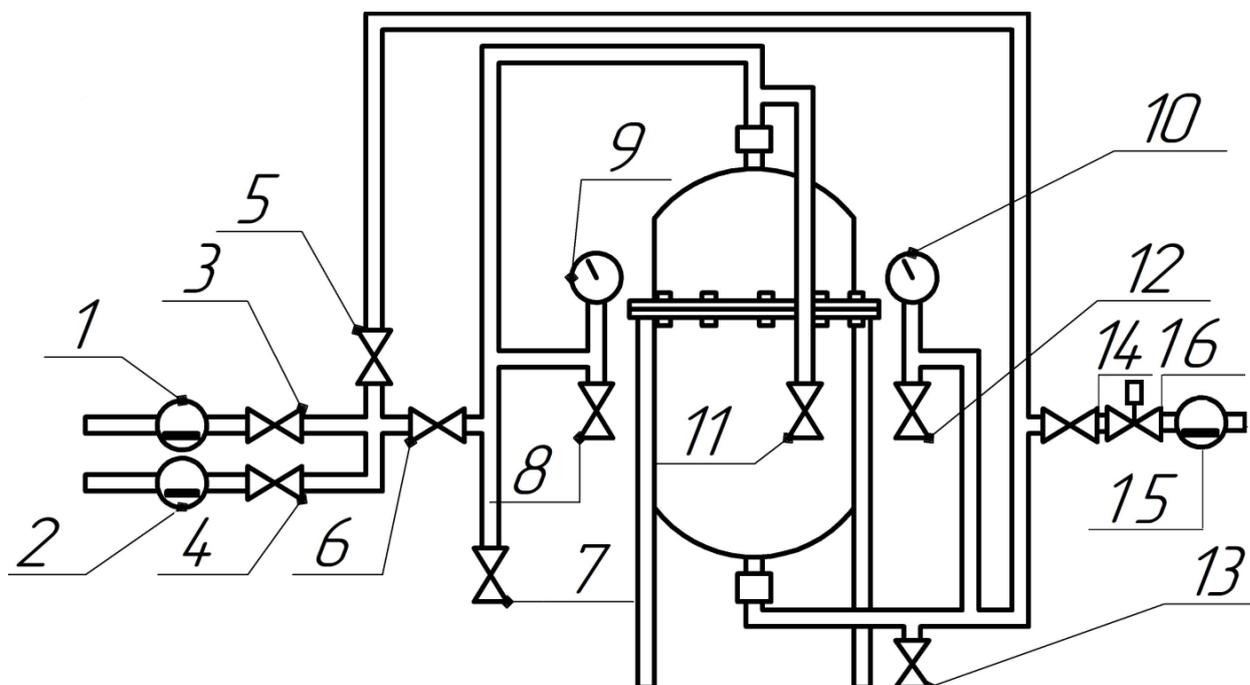
Для долговременной, бесперебойной работы водогрейных и паровых котлов, одним из главных требований является качество сетевой воды. Водный режим котельной определяется набором контролируемых показателей и диапазонами этих показателей. К таким показателям, например, относятся: щелочность, жесткость, нормы рН, растворенный кислород и т.д. Одним из методов регулирования этих параметров является качественная ионообменная водоподготовка [1, 2].

### Эксперимент

В работе была разработана модель натрий-катионового фильтра (НКФ) с возможностью проведения стационарной и импульсной параллельнопоточной регенерации катионита [3, 4]. Эксперимент проводился при

---

давлении в сети  $3,2 \text{ кгс/см}^2$ , т. к. более высокое давление может повредить корпус НКФ или сорвать щелевые колпачки с нижнего распределительного устройства, что повлечет вынос смолы.



1, 2, 15 - счетчики воды; 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14 - краны; 9, 10 – манометры; 16- соленоидный электромагнитный клапан.

Рис. 1. - Натрий-катионовый фильтр

Принцип работы установки следующий: к НКФ через водяной счетчик 1 подается 10% солевой раствор (рис. 1). Фиксируем следующие показания: расход воды на входе и выходе счетчиками 1 и 15, давление на входе и выходе по манометрам 9 и 10, пробы берем через пробоотборник 12. Для импульсного потока воды перед краном 14 устанавливаем установку импульсного потока воды (УИПВ) [5-7].

Расход воды для операций при стационарном потоке воды:

1. Взрыхление 60-65л. Операция взрыхления производится с целью устранения уплотнения слоя катионита для обеспечения свободного доступа регенерационного раствора к зернам катионита. Процесс продолжается до

полного осветления воды. Расход воды регулируется вентилями так, чтобы не выносились зерна катионита крупнее 0,4 мм.

2. Регенерация 40-42 л. 10% солевого раствора. Регенерация катионита проводится с целью восстановления его обменной способности и завершается, когда жесткость на входе и на выходе из фильтра будут равны, т.е. равны жесткости регенерационного раствора.

3. Отмывка 60-65 л. Отмывка ионитового материала производится с целью удаления из слоя катионита продуктов регенерации и избыточного количества регенерационного раствора. Отмывка катионита осуществляется дистиллированной или умягченной водой до значений жесткости 15 мкг-экв/л.

4. Умягчение 1000-1100 л. Умягчение - это процесс удаление из воды магния, кальция, железа. Процесс продолжается до тех пор, пока жесткость не поднимется до 15 мкг-экв/л и фильтр подготавливают к регенерации.

Определение жесткости проводилось титрованием пробы воды раствором трилона Б в присутствии индикаторов, имеющих розово-красный цвет при наличии ионов кальция и магния в растворе и сиренево-синий цвет в отсутствие их.

Для создания импульсной регенерации была сделана установка импульсного потока воды (УИПВ). Взят соленоидный электромагнитный клапан «ArmaControl DN20 G3/4» (рис.2), который присоединялся к реле времени Schneider Electric SR2A101BD с задержкой на включение. Для фиксирования точного давления на входе и выходе при гидроударе устанавливались два датчика ОБЕН ПД100-ДИ. Показания работы фильтра снимались модулем аналогового ввода МВ110-224.8А, конфигурирование модуля осуществлялось на ПК через адаптер интерфейса RS-485/USB, ОБЕН АС4 с помощью программы «Конфигуратор М110» [8, 9].

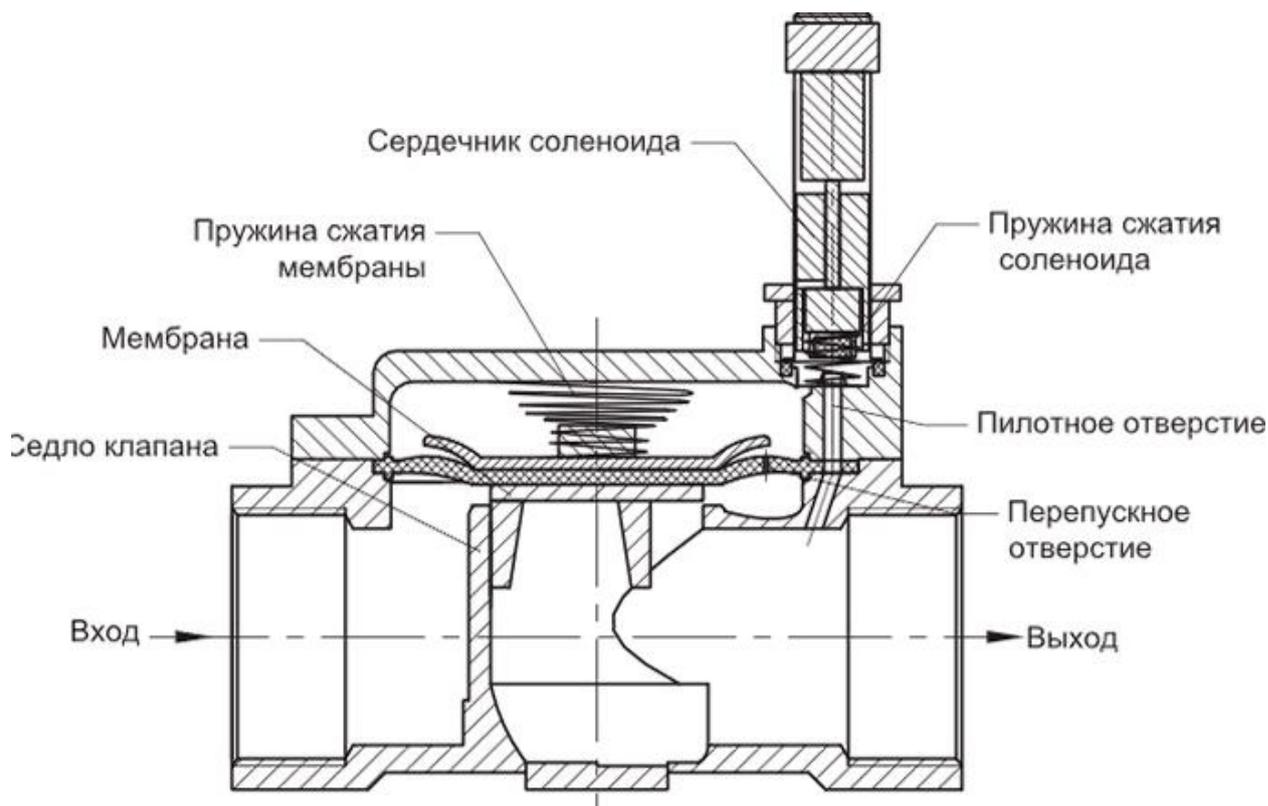


Рис. 2.- Соленоидный электромагнитный клапан

Эксперимент проводился для семи значений частоты импульсного потока: 1 - 6 Гц с шагом 1 Гц, а также 10 Гц.

Расход воды для операций при импульсном потоке воды для всех частот: взрыхление 60-65 л.; регенерация параллельно - поточная 40-42 л. 10% солевого раствора; отмывка 60-65 л.; умягчение 1000-1100 л.

Таблица 1- Расход солевого раствора при  $P = 3.2 \text{ кгс/см}^2$

Q, л/с	0,7	0,43	0,53	0,516	0,583	0,6	0,612	0,683
v, Гц	стац	1	2	3	4	5	6	10

Из таблицы 1 видно, что с увеличением частоты расход солевого раствора увеличивается, и, как следствие, уменьшается время на регенерацию. При этом время, затраченное на регенерацию, при равном

давлении на входе при любой частоте импульсной регенерации больше, чем при стационарном режиме.

В работе также производился расчёт гидравлических потерь  $h$  по формуле Бернулли:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h, \quad (1)$$

где  $v_1$  и  $v_2$  - средние скорости движения в сечениях;  $p_1$  и  $p_2$  - давление на входе и выходе;  $\alpha$  - коэффициент кинетической энергии;  $h$  - гидравлические потери, скорости рассчитывались по расходу в данном сечении [10, 11]:

$$Q = v \cdot S. \quad (2)$$

### Результаты и их обсуждение

Из рис.3 видно, что при стабильном давлении в сети 3,2 кгс/см<sup>2</sup> при импульсной регенерации с частотой 1 Гц происходят скачки давления как на входе в фильтр, так и на выходе, которые превышают давление в сети. Регенерация протекает с эффектом взрыхления.

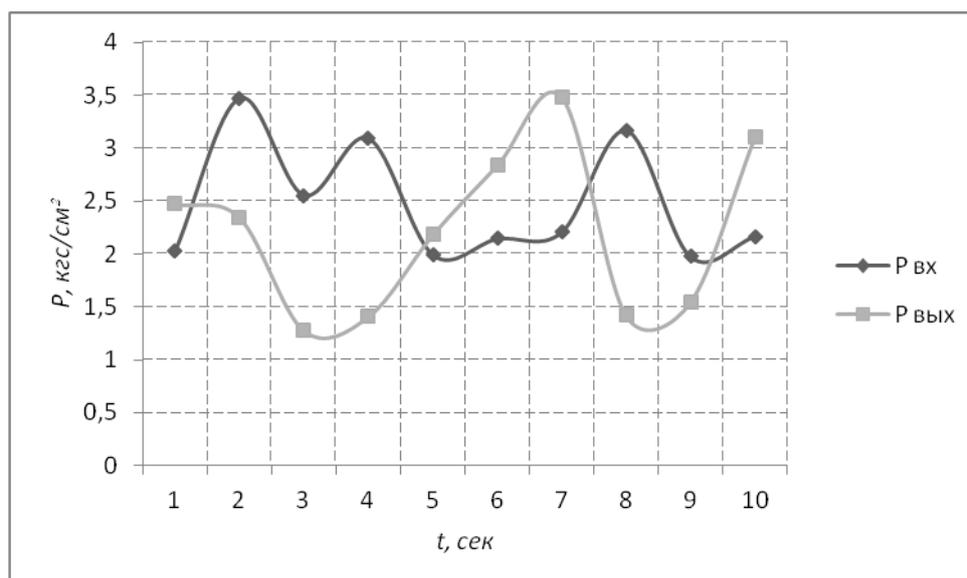


Рис 3.- Зависимость скачков давления при частоте 1 Гц.

Из рис.4-7 следует, что при частотах от 2 Гц до 10 Гц давление на входе в фильтр не превышает давление в сети 3,2 кгс/см<sup>2</sup>. Из этого следует, что взрыхления катионита в фильтре не происходит.

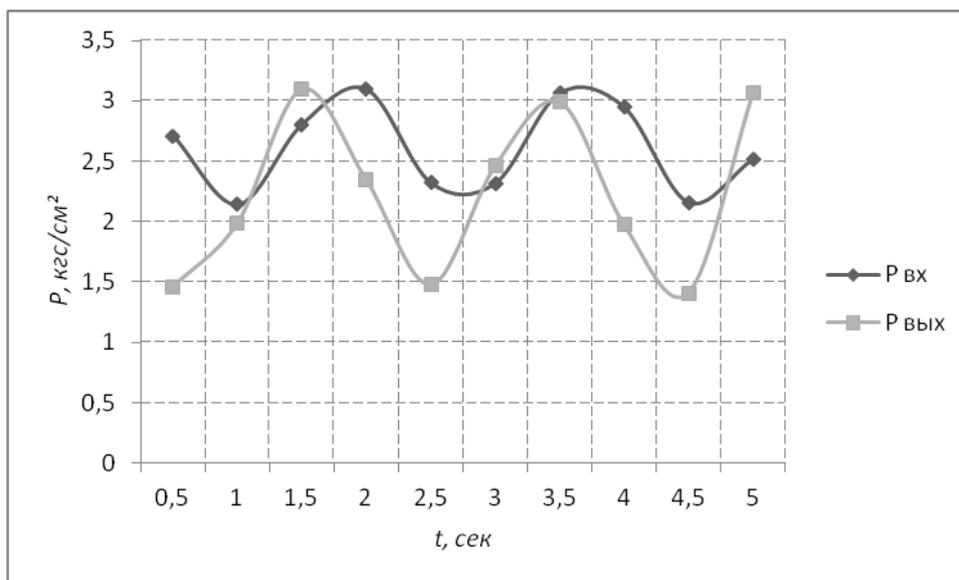


Рис. 4.- Зависимость скачков давления при частоте 2 Гц.

При этом амплитуда скачков давления уменьшается и импульсный поток воды стремится к стационарному.

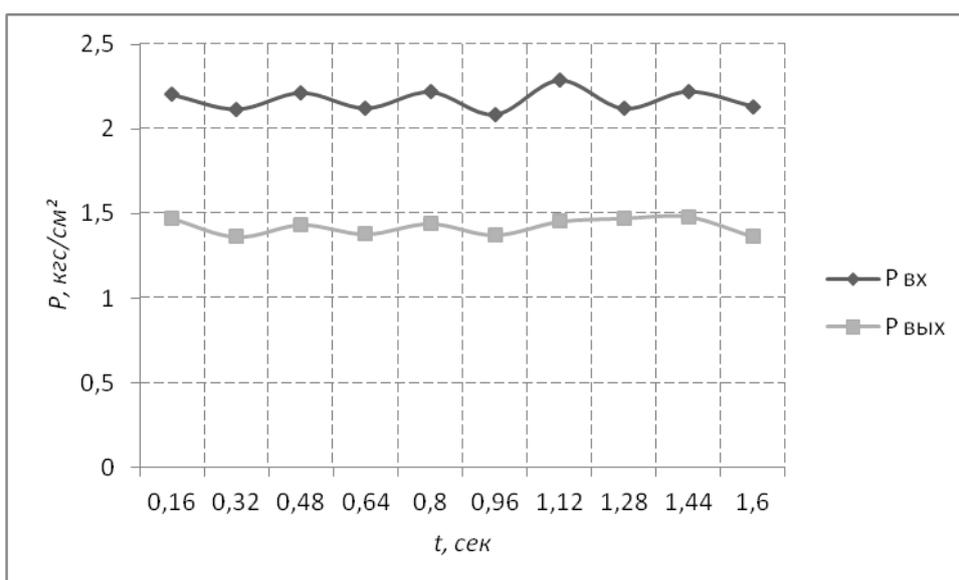


Рис. 5.- Зависимость скачков давления при частоте 6 Гц.

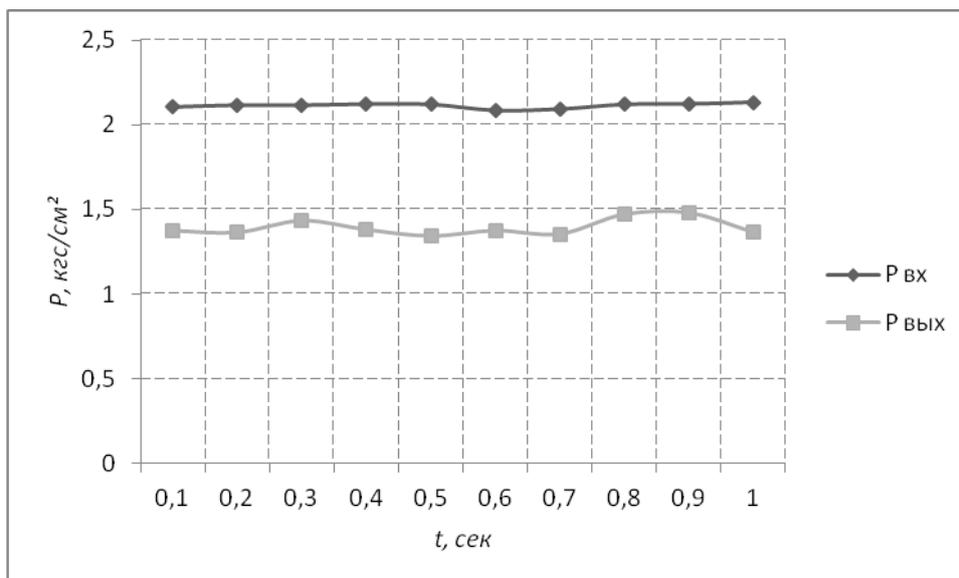


Рис. 6.- Зависимость скачков давления при частоте 10 Гц.

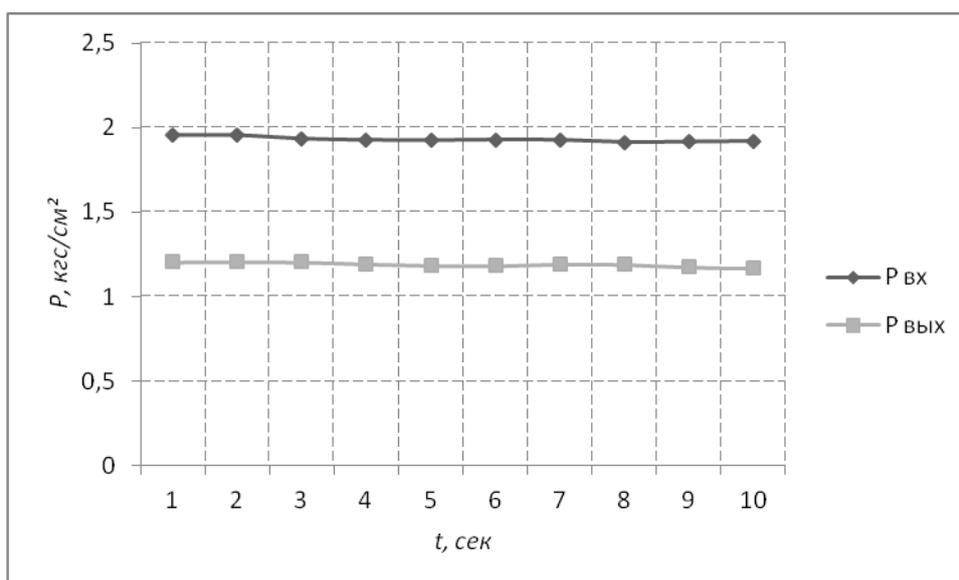


Рис. 7. Стационарный поток воды.

Из рис.8 следует, что наименьшие гидрпотери при импульсном режиме наблюдаются при частоте 1 Гц, в интервале от 4 до 6 Гц также наблюдается уменьшение гидрпотерь. При этом, при любой частоте импульсов гидравлические потери всегда больше при стационарном режиме регенерации, чем при импульсном.

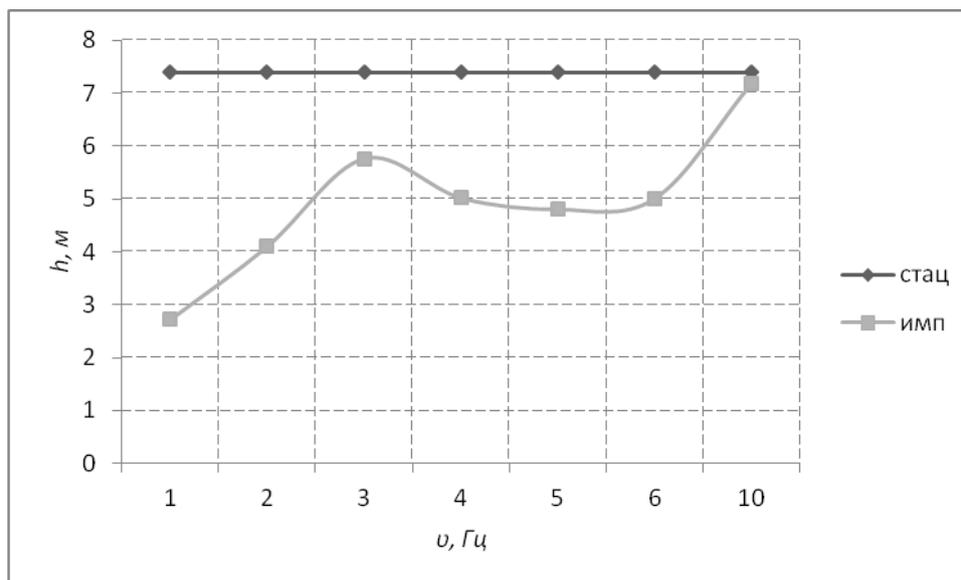


Рис.8. Зависимость гидравлических потерь от частоты импульсной и стационарной регенерации при равном давлении на входе.

### Заключение и выводы

Разработанная экспериментальная модель позволяет осуществлять параллельно - поточную регенерацию фильтра при стационарном и импульсном потоке воды.

В результате проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что в импульсном режиме регенерации на частоте 1 Гц происходит эффект взрыхления катионита, жесткость очищаемой воды будет принимать наименьшее значение по сравнению со всеми исследованными режимами. Причем на этой же частоте гидрпотери будут наименьшими.

2. Установлено, что время, затраченное на регенерацию, при равном давлении на входе при любой частоте импульсной регенерации больше, чем при стационарном режиме.

3. Установлено, что при любой частоте импульсов гидравлические потери всегда больше при стационарном режиме регенерации, чем при



импульсном, т.е. режиму с большим временем регенерации и, соответственно с меньшим расходом, соответствуют меньшие гидропотери.

### Литература

1. Рябчиков Д.И., Цитович И.К. Ионообменные смолы и их применение: Изд-во Академии наук СССР, 1962. 188с.
2. Синявин М.М. Ионный обмен. Изд-во Наука, 1981. 272 с.
3. Аюкаев Р.И., Мельцер В., Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды. Л.: Стройиздат. 1985. 120 с.
4. Амосова Э.Г., Долгополов П.И., Потапова Н.В. Опыт применения технологии противопоточного натрий-катионирования в котельных // Сантехника. 2003. №2. 40с.
5. Levtzev A.P., Makeev A.N. Controllable shock unit of the opposite construction for heat supply systems with pulse circulation of the heat carrier // Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2019. № 3 (43). pp. 17-34.
6. Levtzev A.P., Makeev A.N., Kudashev S.F. Pulsating Heat Transfer Enhancement in the Liquid Cooling System of Power Semiconductor Converter // Indian Journal of Science and Technology. 2016. Т. 9. № 11. С. 89420.
7. Левцев А.П., Макеев А.Н., Макеев Н.Ф., Норватов Ю. А., Галянин А. Обзор и анализ конструкций ударных клапанов для создания гидравлического удара // Современные проблемы науки и образования. 2015. №2. С. 18-21.

8. Бажанов А.Г., Ремезов Д.А. Интенсификация теплопередачи макетного образца двухпоточной тепловой трубы // Научный взгляд в будущее. 2019. Т.1. № 15. С. 21-27.

9. Кузнецов А.А., Миндров К.А. Система отопления пола жилых и производственных помещений // Инженерный вестник Дона, 2018, №4. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5448.

10. Бажанов А.Г., Глухов С.Н. Исследование теплопередачи при пульсирующем потоке теплоносителя в модели солнечного коллектора // Научный взгляд в будущее. 2020. Т.1. № 19. С. 12-19.

11. Панов А.В., Кузнецов А.А., Черняк Н.Н. Исследование конвективных процессов в емкостных теплообменниках // Инженерный вестник Дона, 2015, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3134.

### References

1. Ryabchikov D.I., Citovich I.K. Ionoobmennyye smoly i ix primeneniie [Ion exchange resins and their application]: Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1962. 188p.

2. Sinyavin M.M. Ionnyj obmen [Ion exchange]: Izd-vo Nauka, 1981. 272 p.

3. Ayukaev R.I., Mel'cer V., Proizvodstvo i primeneniie fil'truyushhix materialov dlya ochistki vody [Production and application of filtering materials for water purification]. L., 1985. 120 p.

4. Amosova E.G, Dolgopolov P.I., Potapova N.V. Santexnika. №2. 2003. 40 p.

5. Levtzev A.P., Makeev A.N. Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2019. № 3 (43). pp. 17-34.

6. Levtzev A.P., Makeev A.N., Kudashev S.F. Indian Journal of Science and Technology. 2016. Т. 9. № 11. pp. 89420.



7. Levcev A.P., Makeev A.N., Makeev N.F., Norvatov Yu. A., Galyanin A. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. №2. pp. 18-21.
8. Bazhanov A.G., Remezov D.A. Nauchnyj vzglyad v budushhee [Scientific look into the future]. 2019. T.1. № 15. pp. 21-27.
9. Kuzneczov A.A., Mindrov K.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2018. №4. URL:[ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5448](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5448).
10. Bazhanov A.G., Gluxov S.N. Nauchnyj vzglyad v budushhee. 2020. T.1. № 19. pp. 12-19.
11. Panov A.V., Kuzneczov A.A., Chernyak N.N. Inzhenernyj vestnik Dona. 2015. №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3134](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3134).