



11. Мариненко Е.Е. Газоснабжение: учебное пособие [Текст]/ Е.Е. Мариненко, Т.В. Ефремова. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2007. – 196 с.
12. URL: <https://allrefrs.ru/3-2686.html>;
13. URL: <http://www.sibgazovik.ru/news/association/2013-11-15/>;
14. URL: <https://stankiexpert.ru/tehnologicheskaya-osnastka/prisposobleniya/ustanovka-manometra.html>;
15. URL: <https://readmehouse.ru/fundament/fundament-pod-grpsh.html>;
16. URL: <https://cyberpedia.su/6x27d9.html>.

© Т. В. Ефремова, Т. Д. Коурова

Ссылка для цитирования:

Т.В. Ефремова, Т.Д. Коурова. Оптимизация сети газораспределения низкого давления поселка Верхняя липовка камышинского района Волгоградской области // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 4 (34). С. 24–28.

УДК 628.349.08

DOI: 10.35108/isvp20204(34)28-33

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АДСОРБЦИИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРГАНОБЕНТОНИТОВОГО СОРБЕНТА

Д.О. Игнаткина¹, А.А. Войтюк², А.А. Геращенко¹, В.И. Салеева¹

¹Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

²ООО «ОдинНаучСтройПроект», г. Волгоград, Россия

В настоящее время перспективным методом очистки сточных (СВ) от органических и неорганических веществ является сорбция. В статье приведен литературный обзор, где отмечается что в последние годы для очистки водных сред все чаще находят применение неуглеродные сорбенты естественного и искусственного происхождения. Выбор данных сорбентов обусловлен их достаточно высокой активностью и избирательностью по отношению к различным загрязнителям. Процессы адсорбции могут осуществляться в статическом или динамическом режимах. Авторами статьи модельных растворах были изучены процессы адсорбции загрязняющих веществ, входящих в состав СВ предприятия табачной индустрии РФ с использованием гранулированного композитного сорбента (ГКС) способ получения которого разработан сотрудниками кафедры водоснабжения и водоотведения ВолгГТУ.

Ключевые слова: сточные воды, табачная индустрия сорбционная очистка, сорбент.

EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF ADSORPTION OF MULTICOMPONENT POLLUTANTS USING ORGANOBEONTONITE SORBENT

D. O. Ignatkina¹, A. A. Voytyuk², A. A. Gerashchenko¹, V. I. Saleeva¹

¹Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

²LLC "OdinNauchStroyProekt", Volgograd, Russia

Currently, sorption is a promising method of wastewater treatment from organic and inorganic substances. The article provides a literary review, which notes that in recent years, non-carbon sorbents of natural and artificial origin are increasingly used for cleaning water environments. The choice of these sorbents is due to their sufficiently high activity and selectivity in relation to various pollutants. Adsorption processes can be performed in static or dynamic modes. The authors of the article in model solutions studied the processes of adsorption of pollutants that are part of the SV enterprise of the tobacco industry of the Russian Federation using a granular composite sorbent (GCS), the method of obtaining which was developed by the staff of the Department "water Supply and sanitation" of VSTU.

Key words: wastewater, tobacco industry sorption purification, sorbent.

На сегодняшний день, в области водоснабжения и водоотведения, перспективным является разработка эффективных технологий, позволяющих одновременно осуществлять практически полную очистку и доочистку некондиционных вод от различных загрязнителей сорбционным методом.

Сорбция в широком смысле представляет из себя процесс поглощения (захвата) веществ из той или иной среды (например, жидкой или газообразной) с помощью других веществ, именуемых сорбентами (адсорбатами) или поглотителями [1–4]. Существует три основных вида сорбции, а именно адсорбция, абсорбция и хемосорбция. В процессе адсорбции, так называемый захват (поглощение) какого-либо вещества, в

частности загрязнителя осуществляется жидким или твердым сорбентом преимущественно его поверхностью, при абсорбции – всей массой жидкого сорбента [5–8]. В свою очередь хемосорбцией называется сорбция (адсорбция, абсорбция), характеризующаяся физико-химической реакцией, возникающей между сорбентом или поглотителем с сорбируемым веществом (загрязнителем). Согласно многочисленным научным исследованиям, проведенными отечественными и зарубежными учеными, важное практическое значение для промышленной отрасли при разработке локальных систем очистки имеет адсорбция [9–11]. Данный вид сорбции может проходить как в статическом, так и динамическом режимах. При условии про-

ведения адсорбции в статическом режиме предполагается, что очищаемая жидкость подвергается активному перемешиванию с сорбентом в течение необходимого времени, после чего уже происходит отделение поглощающего материала с загрязнителями путем фильтрацией или отстаиванием. Если же проводить последующее введение в очищаемую воду новых порций адсорбирующего материала, то можно будет получить практически любую необходимую степень очистки, по имеющимся концентрациям извлекаемых загрязнителей до достижения законодательных нормативов [7, 12–13]

Процесс сорбции, который предполагает наличие статического режима обычно осуществляется в адсорбционных аппаратах с перемешивающими устройствами и описывается балансовым уравнением (1).

$$ta + Qc = Qc_0, \quad (1)$$

где t – масса сорбента при однократном введении; a – величина характеризующая, значение удельной адсорбции; Q – объем или количество пропускаемой жидкости; c_0 и c – исходная (начальная) и равновесная концентрация примеси, соответственно.

Если процесс проведения сорбционной очистки проводится в динамических условиях, то для инженерного расчета, при разработке технических устройств для очистки сточных вод, обычно применяют выражение выведенное Н.А. Шиловым и описанное формулой (2):

$$T = KH - t, \quad (2)$$

где T – временной период защитного действия фильтрующего устройства или установки; H – высота или толщина сорбционного слоя; K – коэффициентное значение, характеризующее защитное действие фильтрующего устройства или установки; t – временной период при котором происходит утрата защитного действия фильтрующего устройства или установки.

В сопоставлении со статическим вариантом адсорбции динамический имеет значительные технологические, эксплуатационные и технико-экономические преимущества: наиболее полно используется весь имеющийся ресурс обменной емкости адсорбента, минимизируется общее число его регенераций, заметно упрощается автоматизация процесса и его аппаратное оформление [2, 3, 14, 15]. В представленном варианте адсорбционная очистка может проходить в аппаратах и устройствах как непрерывного, так и периодического действия, с постоянно движущимся (перемещающимся) или стационарным, а также с псевдожизненным (кипящим) слоем адсорбционного материала [5, 9, 16].

В роли адсорбентов могут выступать разнообразные природные и искусственно полученные материалы, имеющие преимущественно пори-

стую структуру: субстанция из золы и торфа, мелочь на основе кокосовой составляющей, активные глины, силикогели, алюмогели, активированные угли (АУ). Гидрофобные углеродные материалы, а именно АУ получили наибольшую популярность и используются чаще всего для извлечения и выделения преимущественно веществ из жидких и водных сред, имеющих органическую природу происхождения, это объясняется тем, что энергетический потенциал взаимодействия растворенного органического соединения какого-либо вещества в совокупности с атомами углерода, значительно превышает энергию взаимодействия этих атомов с молекулами воды [2, 4, 11, 14].

При оценке эффективности использования адсорбентов в технологии глубокой очистки СВ руководствуются следующими требованиями: сорбционная способность к разнообразным загрязнителям, инертность по отношению к взаимодействующей жидкости, достаточная механическая прочность, возможность вторичного применения после регенерации сорбционно-фильтрующего материала, малая стоимость [2, 3, 5].

В настоящей публикации представлены результаты изучения процесса адсорбции различных поллютантов, входящих в состав СВ предприятия табачной отрасли промышленности РФ. Объектом исследования является гранулированный композитный сорбент (ГКС), полученный из отходов табачного производства – табачной пыли и минерального сырья – бентонитовой глины, способ получения которого был разработан и запатентован сотрудниками кафедры ВиВ ВолгГТУ [15–19].

Основной целью работы было проведение исследований по выявлению эффективности очистки СВ предприятия табачной отрасли промышленности РФ методом адсорбции (предварительно прошедших механическую и электрохимическую обработку) на модельных растворах (табл. 1) с использованием полученного адсорбционного материала по отношению к загрязнителям, превышающим допустимые концентрации (ДК) [20] в фильтрате в статическом и динамическом режимах.

Для того, чтобы определить возможность и эффективность извлечения из модельных растворов загрязнителей, имитирующих состав СВ предприятия табачной индустрии РФ (табл. 1) с применением разработанного сорбента, изучалась кинетика сорбции и на этом основании строились зависимости сорбционной емкости от концентрации конкретного загрязняющего компонента. В статическом режиме опыты проводились, путем контактирования смоделированных растворов № 1–4 (по 0,2 дм³), прошедших предварительную механическую

очистку и электрохимическую обработку. Навески ГКС (от 0,5 до 10 г) подвергались постоянному перемешиванию на аппарате Шуттеля в течение четырех часов. Равновесная концентрация соответствующего загрязняющего компонента определялась после того, как модельные растворы №1–4 были отделены от гранул сорбентом фильтрованием, с использованием бумажного фильтра. Изотермы сорбции по рассматриваемым загрязняющим веществам строились на основании разности имеющихся (исходных) и полученных (равновесных) концентраций. В результате проведения опыта по динамике изменения нахождения в смоделированных растворах № 1–4 основных загрязнителей в процессе адсорбции с использованием ГКС во времени (рис. 1–3), согласно которым очевидно, что адсорбционное равновесие наступает приблизительно через 120–180 минут взаимодействия смоделированных растворов с адсорбентом, что позволило определить рациональный временной интервал контакта 240 минут (4 часа).

Таблица 1

Состав смоделированных растворов,

имитирующих состав загрязняющих веществ СВ предприятия табачной индустрии РФ

№ мод. раствора	Загрязняющий компонент	Используемое вещество	Концентрация, мг/дм ³
1	БПК _{полн}	Глюкоза	180
2	ХПК	Углеводороды ароматические (смесь бензола, трет-бутилбензола, и ксилола в соотношении 1:1:1 по массе)	210
3	АПАВ	Додецилсульфат натрия	1
4	Активный хлор	Смесь в соотношении по массе 1:1 (гипохлорита натрия (NaClO·H ₂ O) и смеси хлорфенола, 2,4-дихлорфенола и 2,4,6-трихлорфенола в соотношении 1:1:1 по массе)	1000

После контактирования смоделированных растворов в течение временного интервала, необходимо для отделения эффективность жидкой и твердой фаз и установления равновесия строились адсорбционные кривые (рис. 4–6), на основании которых можно судить об эффективности использования разработанного сорбционно-фильтрующего материала по извлечению загрязнителей до уровня ДК согласно [20]. Далее по убыли концентраций загрязняющих компонентов исследуемого материала определялись

сорбционные значения емкости по математической формуле (3):

$$A = (C_0 - C_p) \cdot \frac{V}{m}, \quad (3)$$

где C_0 и C_p – исходная (начальная) и равновесная концентрации компонента (мг/дм³); V – объем раствора (л); m – массовое значение адсорбента (г).

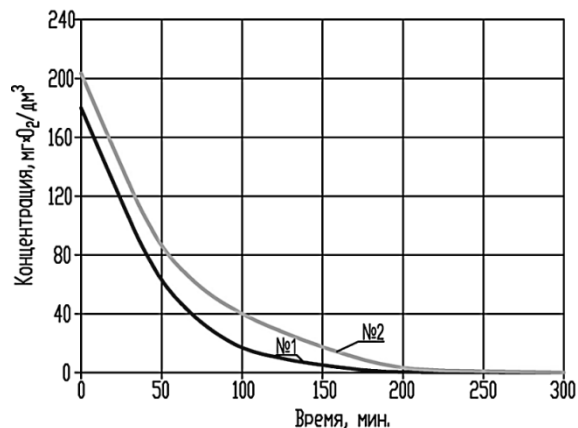


Рис. 1. Зависимость изменения остаточных концентраций поллютантов от временного контакта взаимодействия смоделированных растворов и навески ГКС (1 – модельный раствор № 1; 2 – модельный раствор № 2).

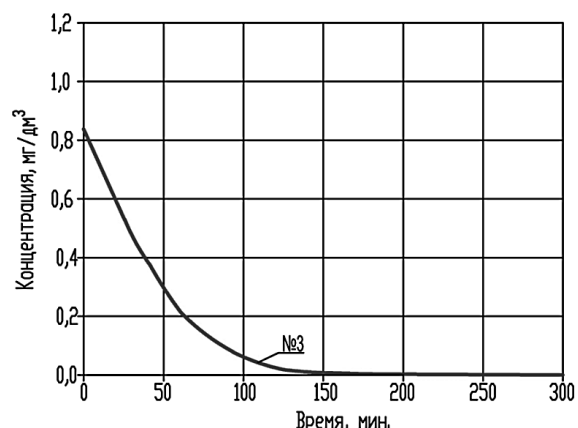


Рис. 2. Зависимость изменения остаточных концентраций поллютанта от временного контакта взаимодействия с ГКС (модельный раствор № 3)

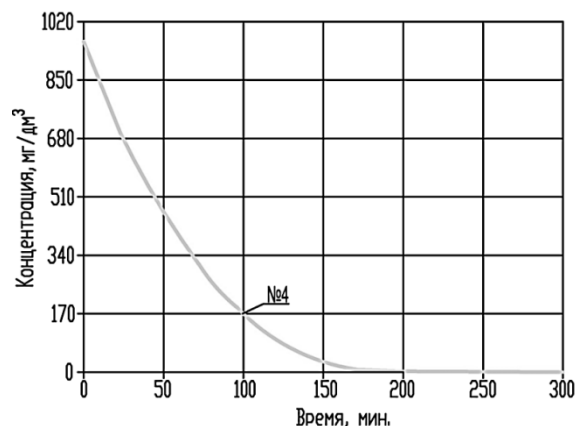


Рис. 3. Зависимость изменения остаточных концентраций поллютанта от временного контакта взаимодействия с ГКС (модельный раствор № 4)



Рис. 4. Изотермы адсорбции загрязняющих компонентов из смоделированных растворов № 1, № 2 с применением ГКС

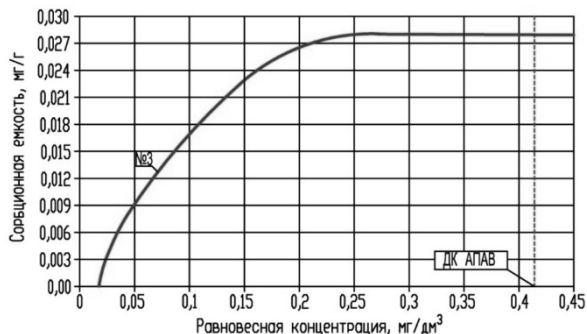


Рис. 5. Изотерма адсорбции загрязняющих компонентов из смоделированного раствора с применением ГКС раствора № 3

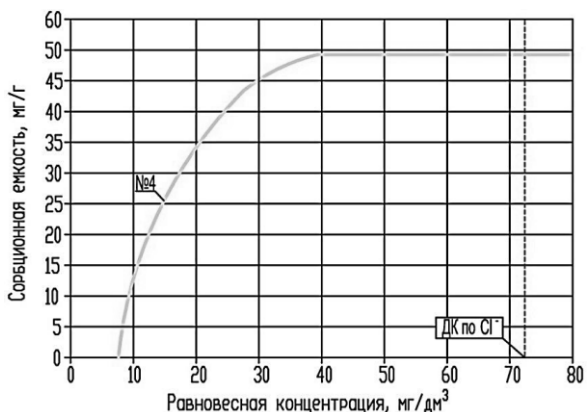


Рис. 6. Изотерма адсорбции загрязняющих компонентов из смоделированного раствора № 4 с применением ГКС

Приведенные на рис. 4–6 адсорбционные кривые загрязняющих компонентов из смоделированных растворов № 1–4 с использованием ГКС свидетельствуют о том, что с повышением равновесного значения концентрации по рассматриваемым поллютантам в растворе сорбционная способность (емкость) растет. При этом у соединения хлора в его активной форме виден резкий скачок, проявляемый в росте поглотительной адсорбционной емкости, в то время как в областях с небольшими концентрациями данный процесс идет значительно медленно для АПАВ.

В итоге эксперименты с применением ГКС продемонстрировали возможность по достижению нормативов ДК по показателям БПК_{полн.}, ХПК, АПАВам, активному хлору для СВ предприятия по производству табачных изделий РФ, что делает возможным их выпуск в городскую систему централизованной канализационной

сети. Величина адсорбционной емкости полученной при проведении опытов в статических условиях для БПК_{полн.} имеет значение 27,1 мг/г, ХПК – 33,4 мг/г, АПАВ – 0,028 мг/г, хлора в его активном соединении – 49,8 мг/г, при значениях равновесных концентраций, не превышающих ДК [20].

При проведении экспериментов в динамических условиях исследования длились на протяжении 60 дней и проводились на проточной модели установки сорбционного фильтра. За обозначенный период через фильтр с загрузкой ГКС было пропущено ориентировочно 120 л каждого смодельного раствора (табл. 1). Масса сорбционного материала в фильтрующей колонке при этом в совокупности составила 197 г.

Состав лабораторной установки изображен на рис. 7.

Эксперименты в лабораторных условиях производились определенным образом: в пилотную установку сорбционного фильтра (рис. 7) с заданной скоростью фильтрования 0,45–0,58 м/ч и с неизменным расходом – 2,5–4 л/сутки пропускались смоделированные растворы № 1–4 (табл. 1), при этом время пребывания в фильтрующей колонке составляло в среднем 3,5 ч. Остаточная (конечная) концентрация каждого поллютанта и эффективность его удаления находилась два раза за 24 часа путем отбора проб и дальнейшего проведения анализа фильтрата после прохождения через колонку с сорбционно-фильтрующим материалом (ГКС). Результаты экспериментов в виде выходных поглощающих кривых загрязнителей из смоделированных растворов №1–4 приведены на рис. 8–10.

На рис. 8 изображены адсорбционные кривые поглощения по БПК_{полн.} (модельный раствор № 1) и ХПК (модельный раствор № 2) на ГКС, полученные в динамических условиях.

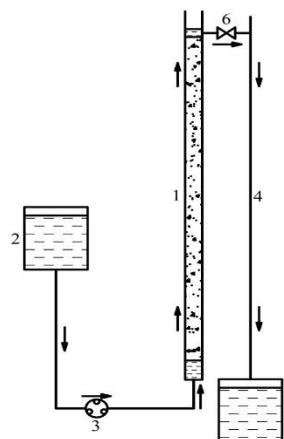


Рис. 7. Модель установка сорбционного фильтра (схема экспериментальной установки): 1 – фильтрующая колонка из оргстекла диаметром 25 мм и высотой 400мм; 2 – резервуар исходной воды; 3 – перистальтический регулируемый насос; 4 – линия для отведения чистой воды; 5 – накопительный резервуар чистой воды; 6 – пробоотборное устройство, установленное на высоте 400 мм (протоборник)

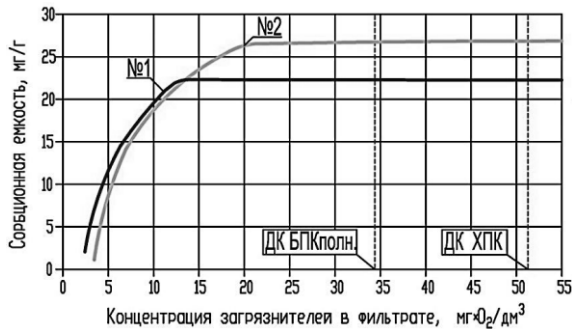


Рис. 8. Зависимость динамической адсорбционной емкости от концентраций BPKполн. (1 – модельный раствор № 1) и ХПК (2 – модельный раствор № 2) в фильтрате

Значительное понижение значений начальных концентраций BPKполн. и ХПК из модельных растворов происходит практически в самом начале проведения опыта. Таким образом, в фильтрате содержание по BPKполн. составило 13 мг·O₂/дм³, ХПК – 22 мг·O₂/дм³. Эффективность адсорбции BPKполн. и ХПК в фильтрующей колонке достигала 92,8 % и 89,5 % соответственно.

На рис. 9. приведена изотерма адсорбции АПАВ на ГКС, полученная в динамических условиях.

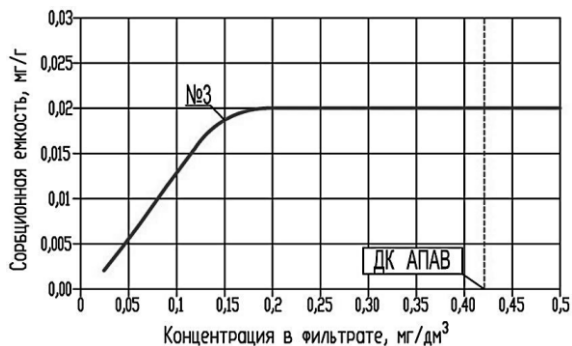


Рис. 9. Зависимость динамической адсорбционной емкости от концентрации АПАВ (модельный раствор № 3) в фильтрате

При пропуске модельного раствора № 3, содержащего АПАВ – 1 мг/дм³, в фильтрате значение рассматриваемого загрязнителя в среднем составило 0,2 мг/дм³. Концентрация АПАВ в

фильтрате постепенно нарастала со временем. Эффективность задержания АПАВ на ГКС в целом в фильтрующей колонке составила приблизительно 80 %.

На рис. 10. представлена адсорбционная кривая активного хлора (хлоридов) на ГКС, полученная в динамических условиях.



Рис. 10. Зависимость динамической адсорбционной емкости от концентрации активного хлора на модельном растворе № 4 в фильтрате

При пропускании модельного раствора № 4 через фильтровальную установку, начальная концентрация активного хлора достигала 1000 мг/дм³, в фильтрате концентрация, рассматриваемого поллютанта стала 42 мг/дм³ (рис. 10). Эффективность задержания активного хлора на ГКС в целом в фильтровальной колонке составила не менее 95,8 %.

Таким образом, опыты с применением ГКС наглядно продемонстрировали возможность достижения нормативов ДК [20] по значениям BPKполн., ХПК, АПАВ, активному хлору для рассматриваемого предприятия, что позволит не только осуществлять сброс очищенной воды в городскую централизованную канализационную сеть, но и при обосновании повторно использовать в замкнутой системе водного хозяйства предприятия в качестве подпиточной воды.

Список литературы

1. Яковлев С.В. Очистка производственных сточных вод: учеб. Пособие / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин. – Москва: Стройиздат, 1985. – 216 с.
2. Климов Е.С. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод / Е.С. Климов, М.В. Бузаева ; под общ. ред. Е.С. Климова. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 201 с.
3. Адсорбционная технология очистки сточных вод/ А.М. Когановский [и др.]. – Киев : Техника, 1981. – 175 с.
4. Переработка отходов производства во вторичное сырье как одно из условий обеспечения промышленной безопасности на предприятии / Е.В. Москвичева, П.А. Сидякин, Д.В. Щитов, Д.О. Игнаткина // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер. Строительство и архитектура. – 2014. – Вып. 37 (56). – 204–211.
5. Woolard, C. D. Evaluation of the use of modified coal ash as a potential sorbent for organic waste streams / C.D. Woolard, J. Strong, S.R. Erasmus // Applied Geochemistry. – 2002. – Vol. 17, № 8. – P. 1159–1164.
6. Новиков А.В. Улучшение качества природных и очистка сточных вод: учеб. пособие / А.В. Новиков, Ю.Н. Женихов. – Тверь : Изд-во ТГТУ, 2006. – 112 с.
7. Совершенствование технологии очистки городских сточных вод с использованием сорбента на основе избыточного активного ила/ Е.В. Москвичева, А.А. Войтюк, Э.П. Доскина, Д.О. Игнаткина, Ю.Ю. Юрьев, Д.В. Щитов // Инженерный Вестник Дона. – 2015. – № 2, ч. 2. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru>.
8. Современные системы оборотного водоснабжения промышленного предприятия / Е.В. Москвичева, А.Р. Салахутдинова, Д.О. Игнаткина, П.А. Сидякин, Д.В. Щитов, З.К. Ибрагимова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер. Строительство и архитектура. – 2015. – Вып. 39 (58). – 151–163.

9. Турский Ю.И. Очистка производственных сточных вод: учебник / Ю.И. Турский, И.В. Филиппов. – Ленинград : Химия, 1967. – 327 с.
10. Якимова Т.И. Исследование адсорбции растворенных веществ промышленными АУ / Т.И. Якимова, А.В. Мамченко, А.М. Когановский // Химия и технология воды. – 1978. – № 1. – С. 26.
11. Adsorption: progress in fundamental and application research: selected reports at the 4th pacific basic conference on absorption science and technology // World scientific Publishing company incorporated, 2007. – 281 p.
12. Исследование взаимосвязи между физико-химическими свойствами промышленных сточных вод и методами их очистки / Е.В. Москвичева, А.В. Москвичева, Д.О. Игнаткина, П.А. Сидякин, Д.В. Щитов, Т.А. Кузьмина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15865>.
13. Jisti D.M. Activated Carbon Adsorption of Petrochemicals / D.M. Jisti, R.A. Conway // J. Water Poll. Control fed. – 1974. – V. 46. – P. 947.
14. Zuckerman M.M. Activated Carbon Adsorption of organic from Aqueous Phase / M.M. Zuckerman, A.H. Molof // Water Poll. Control fed. – 1970. – V. 42. – P. 43
15. Пат. 2644880 Российская Федерация, МПК МПК: В01J 20/24 (2006.01) Способ получения сорбента для очистки сточных вод от многокомпонентных загрязнений / Д.О. Игнаткина [и др.]; ВолгГТУ. – № 2017108520; заявл. 14.03.2017; опубл. 14.02.2018, Бюл. № 5. – 10 с.
16. Технология получения гранулированного сорбционно-фильтрующего композитного материала на основе отхода производства (на примере предприятия табачной индустрии РФ) / Д.О. Игнаткина [и др.] // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. – 2017. – Вып. 49 (68) – С. 110–121.
17. Игнаткина Д.О. Composite Sorbent Filter Material on the Basis of Man-Caused and Minerals / Д.О. Игнаткина, Е.В. Москвичева, А.А. Войтюк // Materials Science Forum. – 2019. – Vol. 945. – P. 983–987. – URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.945>.
18. Ignatkina D.O. Razrabotka tehnologii ochistki mnogokomponentnyh stochnyh vod predpriyatija tabachnoj promyshlennosti: avtoref...dis.kand.teh.nauk. Penza, 2019, 24 s.
19. Matematicheskoe opisanie jeksperimental'nyh zakonomernostej processa sorbcionnoj doochistki stochnyh vod na primere predpriyatija tabachnoj industrii RF / D.O. Ignatkina, A.P. Pozdnjakov, A.V. Moskvicheva, E.V. Moskvicheva, A.A. Vojtjuk // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Ser.: Stroitel'stvo i arhitektura. – 2019. – № 4 (77). – 110–121.
20. Постановление Администрации Волгограда от 18 июня 2015 г. № 840 «Об утверждении нормативов водоотведения (сброса) по составу и свойствам сточных вод, отводимых в окружающую природную среду через централизованные системы водоотведения Волгограда». – Режим доступа: <http://www.garant.ru/hotlaw/volga/633238/>.

© Д.О. Игнаткина, А.А. Войтюк, А.А. Геращенко, В.И. Салеева

Ссылка для цитирования:

Д.О. Игнаткина, А.А. Войтюк, А.А. Геращенко, В.И. Салеева. Экспериментальная оценка эффективности адсорбции многокомпонентных загрязнений с использованием органобentonитового сорбента // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 4 (34). С. 28–33.

УДК 539.4.01

УЧЕТ ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ИЗГИБАЕМОГО БРУСА В ИНКРЕМЕНТАЛЬНОМ УСЛОВИИ ПЛАСТИЧНОСТИ

С.Ю. Калашников, Е.В. Гурова, С.А. Калиновский

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

Рассмотрено включение в условие пластичности коэффициента, учитывающего форму поперечного сечения. При неоднородном распределении напряжений повышенные градиентные напряжения, отвечающие началу текучести, оказываются отличающимися для разных форм сечения. Проведена сравнительная оценка градиентного эффекта для симметричных прокатных профилей.

Ключевые слова: *условие пластичности, градиент напряжений, форма сечения.*

TAKING INTO ACCOUNT THE SHAPE OF THE CROSS SECTION OF THE BENT BEAM IN THE INCREMENTAL CONDITION OF PLASTICITY

S. Yu. Kalashnikov, E.V. Gurova, S.A. Kalinovsky

Volgograd state technical University, Volgograd, Russia

The inclusion of a coefficient that takes into account the shape of the cross-section in the plasticity condition is considered. When the stress distribution is inhomogeneous, the increased gradient stresses corresponding to the beginning of yield are different for different cross-section shapes. A comparative assessment of the gradient effect for symmetrical rolling profiles is carried out.

Key words: *condition of plasticity, stress gradient, the shape of the cross section.*

В строительном комплексе задача снижения материалоемкости при одновременном обеспечении параметров механической безопасности в соответствии с требованиями нормативных до-

кументов является важнейшей. Одним из элементов системы обеспечения параметров безопасной эксплуатации является оценка разрешаемого предельного состояния. Например, для металлических конструкций таким состоянием