

35. Овчинников И.Г. Тонкостенные конструкции в условиях коррозионного износа: расчёт и оптимизация. Днепропетровск, 1995. - 192 с.
36. Овчинников И.Г. О задачах оптимального проектирования конструкций, подвергающихся воздействию агрессивных сред. // Изв. ВУЗов. Строительство и архитектура. - 1988. - № 9. - С. 17–22.
37. Почтман Ю.М. Метод конечных элементов в задачах оптимального проектирования конструкций в условиях воздействия агрессивных сред. // Theoretical Foundations in Civil Engineering. - 1996. - vol. 1. - P. 220–224.
38. Почтман Ю.М. Некоторые модели задач оптимизации конструкций, взаимодействующих с агрессивными средами. // Докл.АН УССР. - 1987. - № 2. - С. 39–43.
39. Почтман Ю.М. Нелинейная оптимизация тонкостенных конструкций, взаимодействующих с агрессивной средой. // Нелинейная теория тонкостенных конструкций и биомеханика. Труды I Всесоюз. симпозиума. - 1985. - С. 382–385.
40. Почтман Ю.М. Оптимальное проектирование изгибаемых элементов конструкций при комбинированном подходе к учёту коррозии и защитных свойств покрытий. // Theoretical Foundations of Civil Engineering. - 2000. - № 8. - P. 518–521.
41. Почтман Ю.М. Оптимальное проектирование конструкций с учётом надёжности (обзор). // Строительная механика и расчёт сооружений. - 1976. - № 6. - С. 8–15.
42. Почтман Ю.М. Оптимальное проектирование стержневых систем, взаимодействующих с агрессивными средами, на основе метода конечных элементов. // Сопротивление материалов и теория сооружений. - 1991. - № 59. - С. 72–76.
43. Почтман Ю.М. Оптимизация стоимости и долговечности подкреплённых пластин, подверженных коррозионному износу. // Изв. ВУЗов. Строительство и архитектура. - 1990. - № 3. - С. 10–13.
44. Почтман Ю.М. Оптимизация стоимости и долговечности стержневых систем, взаимодействующих с агрессивными средами. // Изв. ВУЗов. Строительство и архитектура. - 1991. - № 8. - С. 14–17.
45. Петров В.В., Овчинников И.Г., Шихов Ю.М. Расчёт элементов конструкций, взаимодействующих с агрессивной средой. Саратов, 1987. - 288 с.
46. Зеленцов Д.Г. Оптимизация долговечности и стоимости цилиндрических оболочек, подвергающихся механическому и химическому разрушению. // ФХММ. - 1987. - № 4. - С. 70–73.
47. Фрідман М.М. Концептуальні підходи при оптимальному проектуванні конструкцій, що функціонують в екстремальних умовах. // Опір матеріалів і теорія споруд. - 2002. - № 70. - С. 158–175.
48. Pochtman Yu.M. The complex approach by optimization the plane-stressed plates with holes, exploited in conditions of high temperatures. // Lightweight Structures in Civil Engineering. - Warsaw - Cracow, 2000. - P. 81–83.
49. Губенко В.С. Определение оптимальных параметров и долговечности стержневых систем, подверженных воздействию агрессивной среды. // Изв. ВУЗов. Строительство и архитектура. - 1988. - № 3. - С. 22–25.
50. Почтман Ю.М., Алексеенко Б.Г., Зеленцов Д.Г. Оптимальное проектирование стержневых систем, взаимодействующих с агрессивными средами, на основе метода конечных элементов. // Сопротивление материалов и теория сооружений. - 1991. - № 59. - С. 72–76.
51. Зеленцов Д.Г. Моделирование процесса коррозионного износа в задачах оптимального проектирования конструкций, использующих метод конечных элементов. // Компьютерные методы в задачах прикладной математики и механики. Сб. научн. трудов ИК НАН Украины. 1998. - С. 40–47.
52. Зеленцов Д.Г. Модели и методы снижения металлоёмкости стержневых конструкций, функционирующих в агрессивных средах. // Системні технології. - 2000. - Вип. 2 (10). - С. 90–96.
53. Філатов Г.В. Оптиміальне проектування конструкцій методами випадкового пошуку. Дніпропетровськ, 2003. - 432 с.
54. Зеленцов Д.Г. Использование конечно-элементных моделей в задачах оптимизации корродирующих континуальных конструкций. // Математичне моделювання. Науковий журнал. - 2004. - № 2 (12). - С. 61–66.
55. Баничук Н.В. Введение в оптимизацию конструкций. М, 1986. - 302 с.
56. Хог Э. Прикладное оптимальное проектирование [Механические системы и конструкции]. М, 1983. - 478 с.
57. Зеленцов Д.Г. Расчёт конструкций с изменяющейся геометрией в агрессивных средах. Стержневые системы. Днепропетровск, 2002. - 168 с.

© И. Г. Овчинников, В. С. Мавзовин

**Ссылка для цитирования:**

И. Г. Овчинников, В. С. Мавзовин. Тенденции в оптимальном проектировании металлических конструкций с учетом условий эксплуатации // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 1 (31). С. 43–50.

УДК 667.6

**ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ТВЕРДЫМИ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА**

**К. С. Штенске, О. Н. Пармонова**

*Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия*

В данной статье представлен анализ приборо- и машиностроительной отрасли как источника негативного воздействия на окружающую среду. По результатам проведенного анализа авторами выбрано производство, в результате технологического процесса которого образуется наибольшее количество твердых отходов. Изучение типового технологического процесса литейного производства позволило построить балансовую схему материальных потоков с указанием количества образующихся выбросов, сбросов и твердых отходов. На основе построенной балансовой схемы материальных потоков авторами разработана физическая модель процесса загрязнения окружающей среды, позволяющая графически отобразить изменение физических и химических свойств отходов на каждом этапе взаимодействия технологического сырья с технологическим оборудованием. Физическая модель процесса загрязнения окружающей среды и балансовая схема материальных потоков легли в основу построения физической модели процесса снижения загрязнения окружающей среды твердыми отходами производства, отражающей поэтапное воздействие на твердый отход различными методами с целью снижения оказываемого им негативного воздействия на состояние окружающей среды.

**Ключевые слова:** балансовая схема материальных потоков, физическая модель процесса загрязнения окружающей среды, физическая модель процесса снижения загрязнения окружающей среды, окружающая среда, приборо- и машиностроительная отрасль, литейное производство.

## PHYSICAL MODEL OF REDUCING ENVIRONMENTAL POLLUTION SOLID WASTE OF THE EXAMPLE FOUNDRIES

**K. S. Shtenske, O. N. Paramonova**

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

This article presents an analysis of instrument-making and machine-building industry as a source of negative impact on the environment. As a result of analysis by the authors selected production from the process, which formed the largest amount of solid waste. Study of a typical production process foundry possible to construct carrying the material flow chart indicating the quantity of generated emissions, discharges and waste. On the basis of the constructed circuit carrying the material flow, we have developed a physical model of pollution of the process environment allowing graphically display the change in the physical and chemical properties of the waste in each stage of the interaction process feedstock with process equipment. Physical model of environmental pollution and carrying circuit material flows formed the basis for the construction of a physical model of reducing pollution of the process medium solid waste production, reflecting the gradual impact of solid waste on the different methods in order to reduce the negative impact exerted by them.

**Keywords:** balance scheme of material flow, physical model of the pollution of the environment of the process, the physical model reducing the pollution of the environment of the process, environment, instrument-making and machine-building industry, and foundry.

В эпоху бурного развития промышленной индустрии, а в частности увеличения количества производимых товаров и услуг, с каждым годом наибольшее внимание уделяется вопросам защиты окружающей среды (ОС) от выбросов и сбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферный воздух и водные объекты, а также большого количества образующихся твердых отходов производства (ТОП). Одной из глобальных экологических проблем настоящего времени является именно образование в ходе техно-

логического процесса производства большого количества ТОП, имеющих разный качественный и количественный состав, а также нарушение правил и норм при обращении, транспортировке, обезвреживании и утилизации отходов. Основными отраслями промышленности, в результате производственного процесса которых образуется значительное количество ТОП, являются добывающая и перерабатывающая отрасли промышленности (рис. 1) [1-4].



Рис. 1. Схема основных отраслей промышленности

Проведя детальный анализ представленных на рисунке 1 отраслей, с учетом качественного и количественного образования отходов, нами в качестве объекта исследования выбрана приборо- и машиностроительная отрасль, в состав которой входит литейное производство как один из источников образования большого количества ТОП и, вследствие этого, оказывающих негативное воздействие на ОС.

Технологический процесс литейного производства представляет собой способ получения заготовок, отливок или деталей, путем разлива,

расплавленного в плавильных узлах металла в рабочие литейные формы. При охлаждении и последующем затвердевании расплавленного металла в литейных формах отливкам придается необходимая геометрическая форма и размеры, а также формируются основные физико-химические свойства изделий. После чего отливку извлекают из литейной формы и подвергают финальной обработке (обработке на фрезерном станке; шлифованию и т.д.)

Для определения участка технологического процесса, оказывающего наибольший вклад в

загрязнение ОС, нами была составлена балансовая схема материальных потоков (БСМП) на

примере типичного технологического процесса литейного производства (рис. 2).



Материальный баланс:

$$\text{Сырье} = \text{готовая продукция} + \text{выбросы} + \text{сбросы} + \text{отходы}$$

Рис. 2. Балансовая схема материальных потоков

БСМП представляет собой последовательное отображение всех этапов производственного процесса с указанием количества образующихся ТОП, выбросов и сбросов ЗВ в атмосферный воздух и водные объекты [5-8]. Построение балансовой схемы позволило нам не только определить участок технологического процесса, оказывающий крайне негативное воздействие на ОС, но и построить физическую модель процесса загрязнения ОС (ФМПЗОС) ТОП – совокупность поэтапного взаимодействия отходов с другими объектами, каждый из которых вступает во взаимодействие на определенном этапе [9]. На каждой из стадий производственного процесса отход меняет свои качественные и количественные характеристики [10–11].

ФМПЗОС строится на основании анализа параметров, характеризующих отходы, участвующие в процессе загрязнения ОС, а в результате взаимодействия отходов и ОС определяют особенности ее загрязнения. ФМПЗОС на примере типичного литейного производства представлена на рисунке 3 [9–11].

На основании построенной ФМПЗОС для литейного производства нами разработана физическая модель процесса снижения загрязнения ОС (ФМПСЗОС).

Сущность процесса снижения загрязнения ОС представляется в виде реализуемых процессов как совокупности последовательных и целенаправленных этапов, соответствующих, в свою очередь, каждому этапу процесса загрязнения [12].

Уменьшение количества образующихся отходов можно достигнуть путем реализации двух основных циклов [13]:

1. Снижением загрязнения исходного сырья (технологического оборудования), включающим

в себя разработку нового производственного оборудования, совершенствование существующего и организацию технологических процессов, исключающих образование и выделение отходов.

2. Снижением загрязнения ОС, включающего в себя реализацию в действующем или проектируемом технологическом процессе дополнительных инженерно-технических систем (мероприятий), локализирующих процесс распространения и обеспечивающих улучшение системы обращения с твердыми отходами.

Второй цикл включает:

- сбор, состоящий из уборки отходов и заключающийся в предотвращении распространения образовавшихся отходов непосредственно в зоне источника выделения и территории предприятия;
- транспортирование, процесс перемещения промышленных отходов от мест их накопления и сбора;
- утилизация отходов, основной задачей которой является разработка мероприятий по совершенствованию системы обращения с отходами, а также возможность реализации безотходного производства.

Сущность физической модели процесса снижения загрязнения ОС (рис. 4) с учетом возможности реализации последовательно зависимых событий может быть выражена формулой [12]:

$$P_{(\text{загр.})} = P_{\text{обр.}} \cdot (1 - P_{\text{сбора}}) \cdot (1 - P_{\text{трансп.}}) \cdot (1 - P_{\text{перераб.}}) \cdot P_{\text{захор.}}$$

где  $P_{\text{загр.}}$  – вероятность реализации процесса загрязнения;

$P_{\text{обр.}}$  – вероятность реализации этапа образования отхода;

$P_{\text{сбора}}$  – вероятность реализации этапа сбора отхода;

$P_{\text{трансп.}}$  – вероятность реализации этапа транспортирования при условии завершения этапов образования и сбора;

$P_{\text{перераб.}}$  – вероятность реализации этапа переработки по фракциям при условии завершения этапа сортировки;

$P_{\text{захор.}}$  – вероятность реализации этапа захоронения.

ФМПСЗОС, наряду с параметрами свойств ТОП, является основой для выявления, анализа и разработки перспективных направлений реа-

лизации процесса снижения загрязнения ОС для литейного производства. В основу построения ФМПСЗОС легли БСМП и ФМПЗОС.

В результате взаимодействия технологического сырья и технологического оборудования образуется «Исходная-1» дисперсная система, на которую на каждом последующем этапе оказывают воздействие «Дополнительные» дисперсные системы.

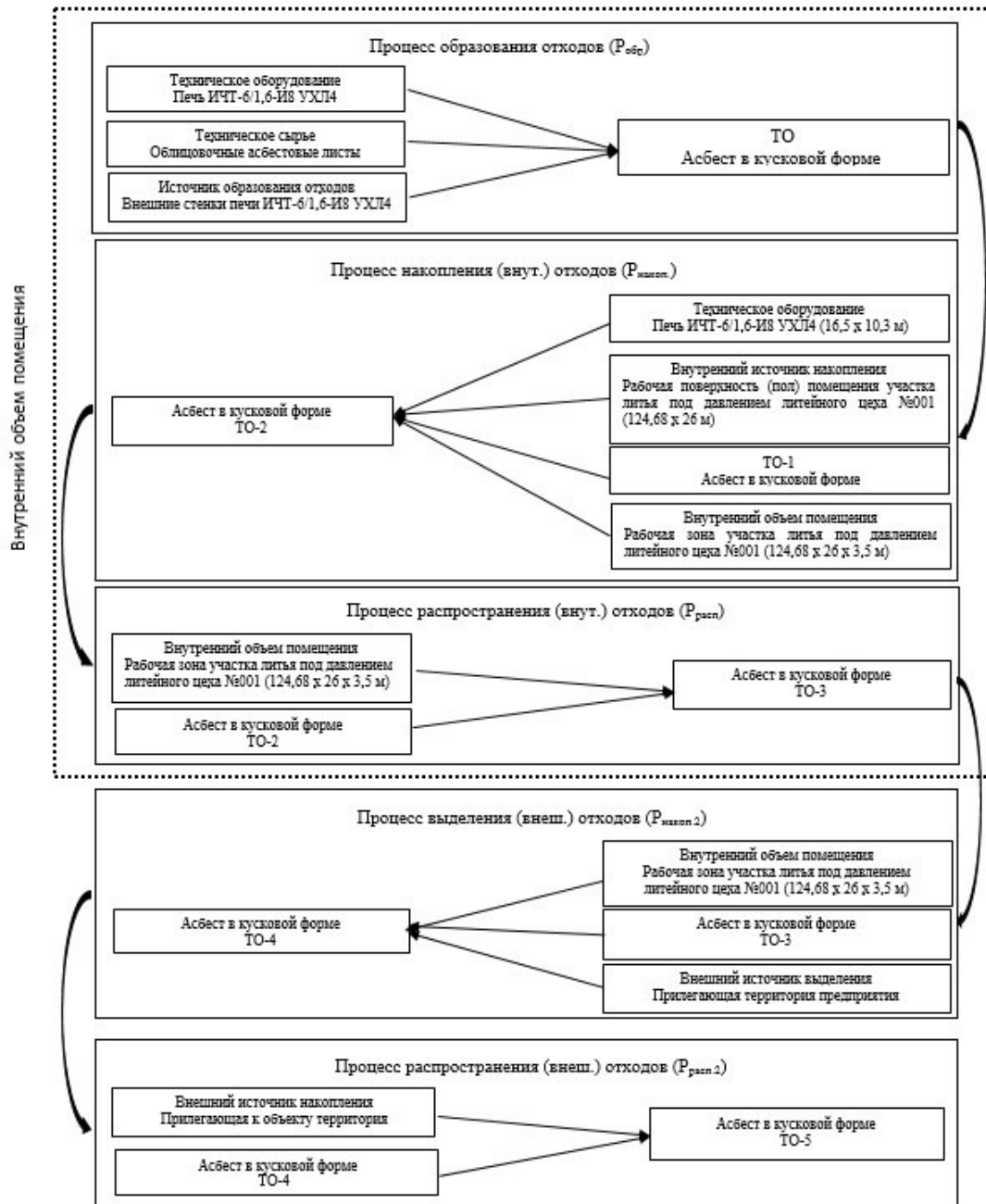


Рис. 3. Физическая модель процесса загрязнения окружающей среды

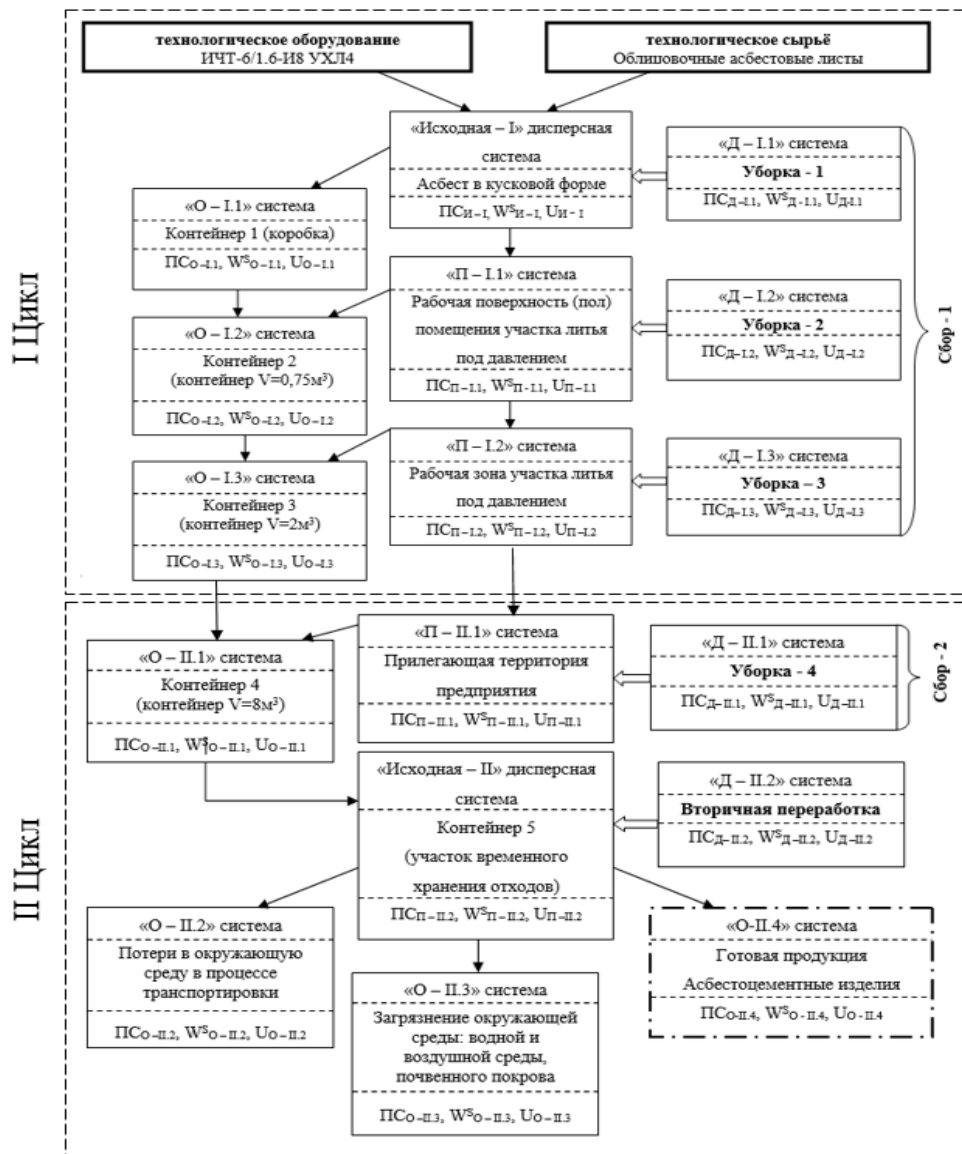


Рис. 4. Физическая модель процесса снижения загрязнения окружающей среды

«Дополнительная» дисперсная система представляет собой дисперсную систему, в результате воздействия которой на «Исходную» систему, рассматриваемый твердый отход производства изменяет свои первоначальные параметры свойств на каждом этапе данного воздействия одной системы на другую.

Каждый этап воздействия может быть реализован различными методами [14–16], такими как механический, аэродинамический, гидродинамический и т.п.

В результате взаимодействия «Исходной» и «Дополнительных» дисперсных систем образуются «Промежуточные» и «Остаточные» дисперсные системы, которые представляют собой твердый отход производства, изменивший свои свойства и, либо подвергающийся следующему дополнительному воздействию, либо поступающий (остающийся) в ОС.

Тем самым, воздействие «Дополнительной» дисперсной системы на «Исходную» дисперс-

ную систему позволяет нам снизить количество загрязнений ОС от первоначально оказываемого ТОП до момента дополнительного воздействия на него.

Таким образом, в результате нашего исследования, нами были построены БСМП, ФМПЗОС и ФМПСЗОС.

Изучение технологического процесса производства и построение БСМП позволило нам выявить количественные характеристики образующихся отходов, а затем и технологическое оборудование, являющееся источником наибольшего негативного воздействия на ОС.

На следующем этапе, нами была построена ФМПЗОС, которая позволила проследить изменение параметров свойств отхода на всех этапах жизненного цикла ТОП, от их образования до момента утилизации.

Заключительным этапом нашего исследования являлось построение ФМПЗОС, которая позволит нам в дальнейшем разработать перспек-

тивные направления реализации процесса снижения загрязнения ОС для литейного производства, подобрать наиболее рациональные способы и методы утилизации отхода, что будет выражаться в различных видах воздействий с помощью «Дополнительных» дисперсных систем.

Таким образом, построенная нами физическая модель процесса снижения загрязнения окружающей среды отходами производства на примере литейного производства позволит подобрать экономически и экологически выгодный комплекс мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду.

#### Список литературы

1. Парамонова О.Н., Штенске К.С. Анализ неблагоприятного влияния приборо- и машиностроительной отрасли промышленности на компоненты окружающей среды // XXXVIII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ДОСТИЖЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ». — г. Санкт-Петербург : , 2019. — С. 83-86.
2. Машиностроение и металлообработка // <https://geographyofrussia.com/mashinostroenie-i-metalloobrabotka/> (дата обращения: 20.08.2019).
3. Машиностроение в России // <http://greenologia.ru/eko-problemy/mashinostroenie/mashinostroenie-v-rossii.html> (дата обращения: 20.08.2019)
4. Парамонова О. Н., Штенске К. С. Анализ воздействия предприятий машиностроительной отрасли на окружающую среду // Материалы национальной научно-практической конференции "АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ТЕХНИКИ. 2019". — Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2019. — С. 288-289.
5. Штенске К.С., Парамонова О.Н. экологическая оценка и построение баланса материальных потоков участка литья под давлением литейного цеха ОАО «Азовский оптико-механический завод» // Студенческий. — 2019. — № 26(70). — С. 41-44.
6. Беспалов В.И., Гурова О.С., Самарская Н.С., Парамонова О.Н. Промышленная экология. -Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2009. -88 с.
7. Гурова О.С., Мойсин Е.А. Построение и анализ балансовой схемы материальных потоков для ОАО "Донской кирпич" // концепции фундаментальных и прикладных научных исследований. — Тюмень : "ОМЕГА САЙНС", 2018. — С. 20-22.
8. Дикова Л. В., Самарская Н. С. Анализ балансовой схемы материальных потоков для металлообрабатывающего цеха предприятия ООО «Политехник-Сервис» // Материалы национальной научно-практической конференции "АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ТЕХНИКИ. 2019". — Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2019. — С. 275-277.
9. Беспалов В.И., Парамонова О.Н. Физическая модель процесса загрязнения окружающей среды твердыми отходами потребления // Инженерный вестник Дона. — 2012. — № 4.
10. Парамонова О.Н., Штенске К.С. Физическая модель процесса загрязнения окружающей среды твердыми отходами производства на примере литейного производства // Школа Науки. — 2019. — № 10 (21). — С. 1-4.
11. Построение физической модели процесса загрязнения воздушной среды для предприятий по производству цемента // Инженерный вестник Дона. URL: [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_140\\_bespalov.pdf\\_93892bdd36.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_140_bespalov.pdf_93892bdd36.pdf) (дата обращения: 17.09.2019).
12. Физическая модель процесса загрязнения окружающей среды твердыми отходами потребления // Инженерный вестник Дона. URL: <http://www.ivdon.ru/gu/magazine/archive/n4p1y2012/1118> (дата обращения: 26.08.2019).
13. Процессы и аппараты защиты воздушной среды: учебное пособие, часть 1 / В. И. Беспалов [и др.]. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014. – 113 с.
14. Беспалов В.И., Парамонова О.Н. . Классификационно-методические основы борьбы с загрязнением окружающей среды твердыми отходами потребления // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2012. — Одесса : Куприенко, 2012. — С. 89.
15. Парамонова О. Н. Рассмотрение твердых отходов потребления как дисперсной системы//Инженерный вестник Дона, 2013, №3 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1933/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1933/)
16. Клименко М.Ю. Строительные отходы как дисперсная система // Материалы международной научно-технической конференции "МЕХАНИКА ГРУНТОВ В ГЕОТЕХНИКЕ И ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИИ". — Новочеркасск : ООО "Лик", 2018. — С. 855-863.

© К. С. Штенске, О. Н. Парамонова

#### Ссылка для цитирования:

К. С. Штенске, О. Н. Парамонова. Физическая модель процесса снижения загрязнения окружающей среды твердыми отходами производства на примере литейного производства // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 1 (31). С. 50-55.

УДК 614.7: 546.13.001.6

### КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОЗАБОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

**Е. Д. Хецуриани<sup>1,2</sup>, В. Л. Бондаренко<sup>3</sup>, А. И. Блясов<sup>4</sup>, Т. Е. Хецуриани<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Южно-Российский Государственный Политехнический Университет (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

<sup>3</sup>Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт

Донского государственного аграрного университета, г. Новочеркасск, Россия

<sup>4</sup>Филиал WTL (США) в Азии, г. Москва, Россия

<sup>5</sup>Ростовский государственный медицинский университет, г. Ростов-на-Дону, Россия