

УДК 629.33: 519.876.5

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Михайлов В.В. (Набережные Челны)**

### **Введение**

В связи с постоянным ростом количества автомобилей на дорогах, возникает необходимость в совершенствовании и оптимизации процессов их обслуживания и ремонта. Для повышения эффективности деятельности предприятий автосервиса необходимо совершенствовать управление технологическими процессами на основе новых принципов, для чего применяют интеллектуальные системы управления и системы поддержки принятия решений. Интеллектуальным ядром в таких системах и инструментом для поиска наиболее адекватных условий и характеристик процессов в каждой конкретной ситуации служат имитационные модели [1], поскольку они позволяют решать задачи оптимизации и подбирать параметры системы для каждого конкретного случая. Разработка имитационной модели для управления капитальным ремонтом грузовых автомобилей в сервисном центре является актуальной задачей в сфере автомобильного сервиса.

### **Преимущества имитационного моделирования процесса капитального ремонта грузовых автомобилей**

Продемонстрируем на примере, как имитационное моделирование в среде AnyLogic может быть эффективно использовано для имитационного эксперимента процесса капитального ремонта грузовых автомобилей.

AnyLogic [2, 3] является многоагентной системой моделирования, которая поддерживает различные методы моделирования, включая системы дискретных событий, системы динамического моделирования и системы моделирования агентов. Это означает, что AnyLogic может использоваться для моделирования широкого спектра систем, включая производственные линии, грузовые транспортные системы, системы здравоохранения и другие. Для проведения имитационного моделирования технологического процесса, помимо сведений о его содержании и специфике, необходима информация об интенсивности поступающих заявок автомобилей на ремонт, емкости производственно-технической базы и нормах времени на обслуживание. В ходе моделирования анализируемый технологический процесс заменяется цифровой моделью (имитацией) для определения характеристик реального процесса и возможностей его оптимизации. При этом необходимо знать такие параметры анализируемого технологического процесса, как последовательность выполнения операций, время операций и требуемое для выполнения рабочее место.

Специализированные объекты [4] в имитационной модели автоматически осуществляют сбор статистических данных: время работы, загруженность персонала, сбои, поломки и позволяют найти наиболее и наименее загруженные участки. Такие параметры, как время работы и сбои производства, интенсивность прибытия автомобилей можно менять с помощью диалогового интерфейса.

### **Описание процесса капитального ремонта грузовых автомобилей**

Капитальный агрегатный ремонт состоит из множества операций. Автомобиль прибывает на капитальный ремонт и проходит диагностику, на основе которой

формируется дефектовочная ведомость. Далее, в зависимости от технического состояния компонентов, их отправляют на ремонт. Ремонт каждого агрегата или узла проводится на отведенных для этих целей постах. Каждый узел и агрегат проходит мойку. На постах проводят углубленную диагностику, после этого оценивают есть ли необходимость в ремонте или нет. Если компонент не подлежит восстановлению, то его утилизируют. Если посты заняты, то агрегат или узел переносят в зону хранения.

Как только ремонт узла или агрегата выполнен, его отправляют в зону хранения, где он ожидает завершения ремонта остальных агрегатов. После завершения ремонта всех узлов и агрегатов, их отправляют на полную сборку автомобиля.

После сборки автомобиль отправляется на контроль качества, где проверяют тормозную систему, проводят последние регулировки.

Структура имитационной модели показана рисунке 1.

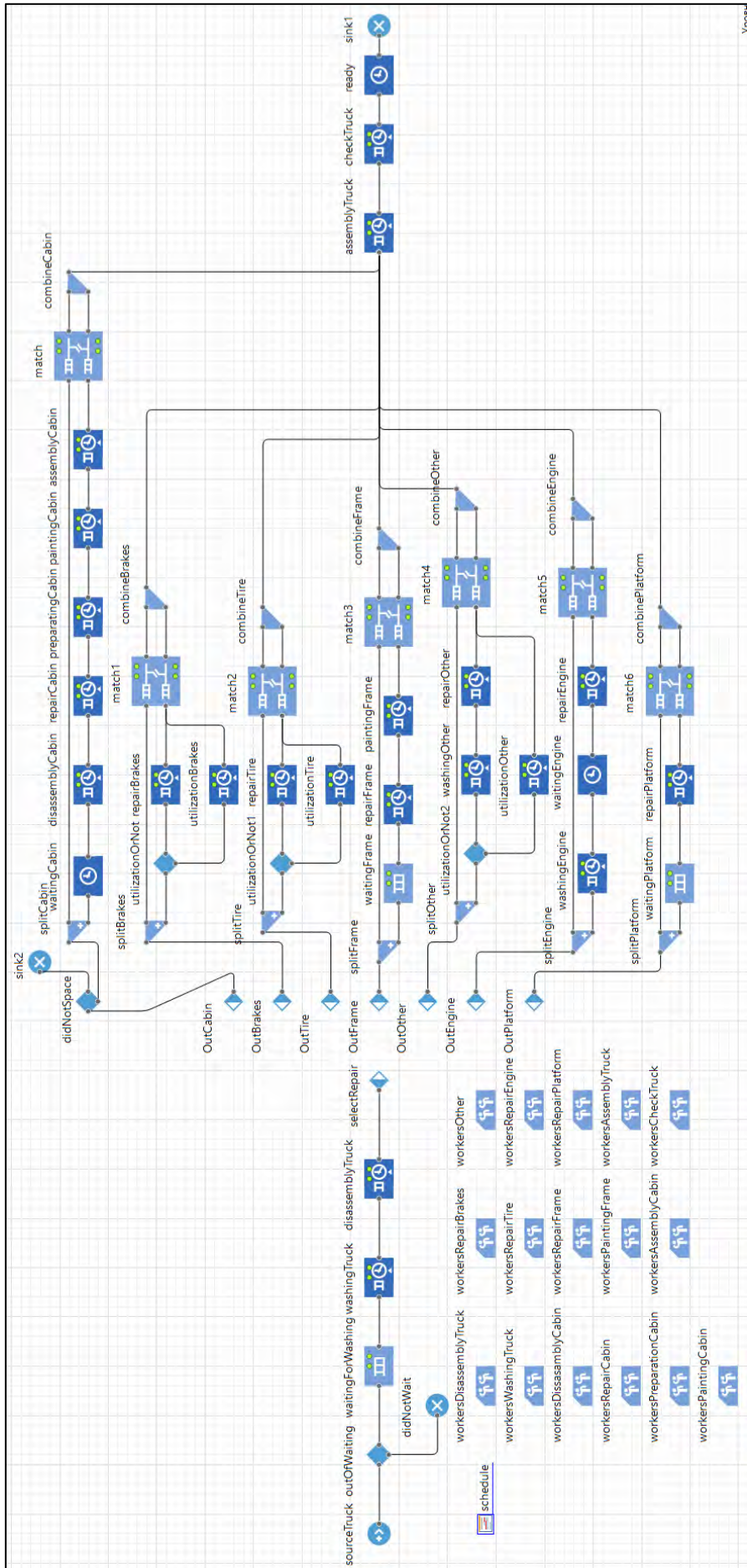


Рис. 1. Структура имитационной модели

Графическая диаграмма размещения постов и зон хранения и 3D-модель производственного корпуса представлена на рисунках 2 и 3.

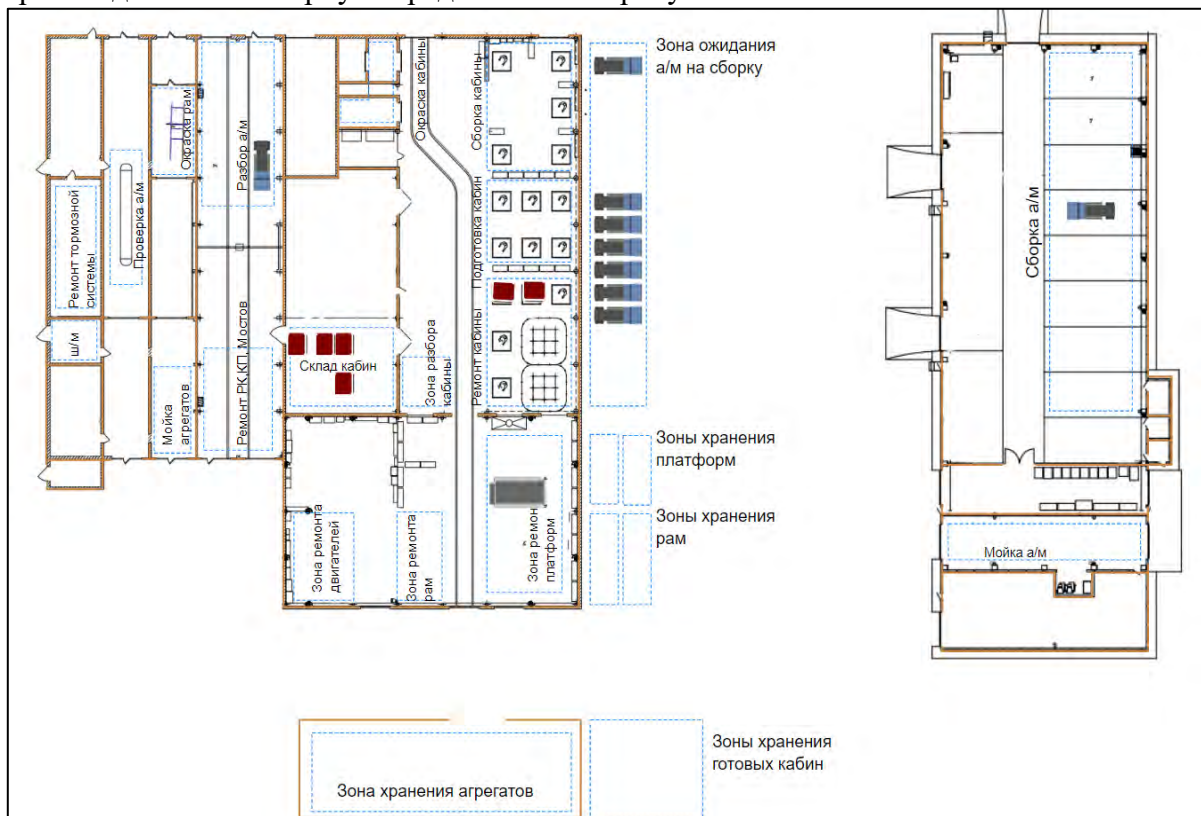


Рис. 2. Графическая диаграмма размещения постов и зон



Рис. 3. 3D-модель производственного корпуса

### Имитационный эксперимент и интерпретация результатов

Имитационный эксперимент [5] заключается в том, чтобы снизить среднее время нахождения грузового автомобиля в производственном корпусе путем выравнивания загруженности зон. Модельное время равно одному году.



На рисунке 4 представлена столбиковая диаграмма, на которой видна загруженность зон в процентах.

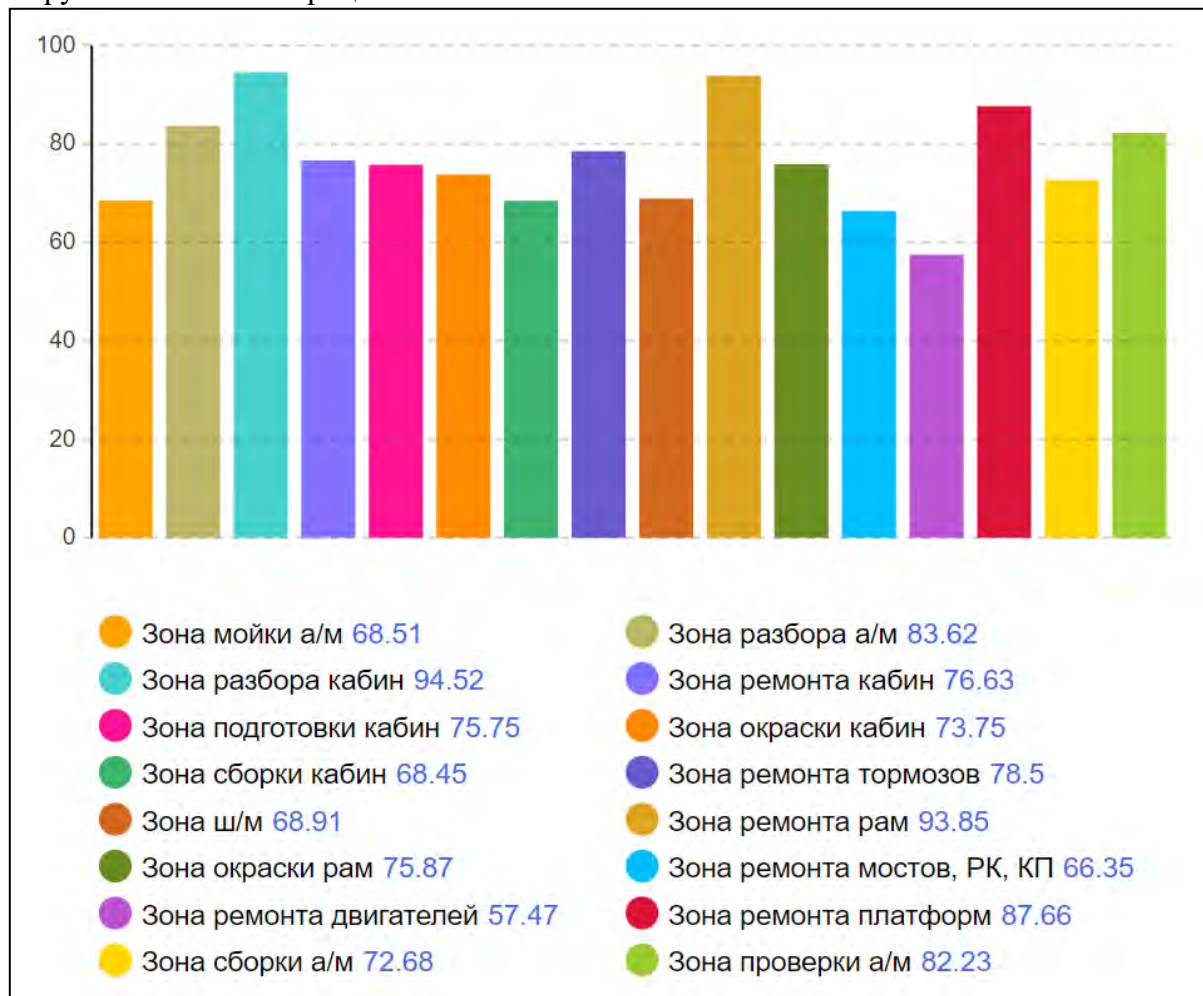


Рис. 4. Статистика загруженности зон до эксперимента

На рисунке 5 представлена гистограмма распределения времени нахождения грузового автомобиля в производственном корпусе.

По оси Y изображено процентное соотношение между временем, проведенным в производственном корпусе. По оси X изображено время нахождения автомобиля на капитальном ремонте в часах.



Рис. 5. Распределения времени нахождения грузового автомобиля в производственном корпусе до эксперимента

В рамках имитационного эксперимента было решено увеличить количество постов в зонах, загруженность которых превышает 85%.

На рисунке 6 изображена столбиковая диаграмма, на которой показана загруженность зон после внедрения новых постов, а именно:

1. Количество постов разборки кабин увеличилось с 1 до 2.
2. Количество постов ремонта рам увеличилось с 2 до 3.
3. Количество постов ремонта платформ увеличилось с 2 до 3.

На рисунке 7 представлены графики после внедрения новых постов.

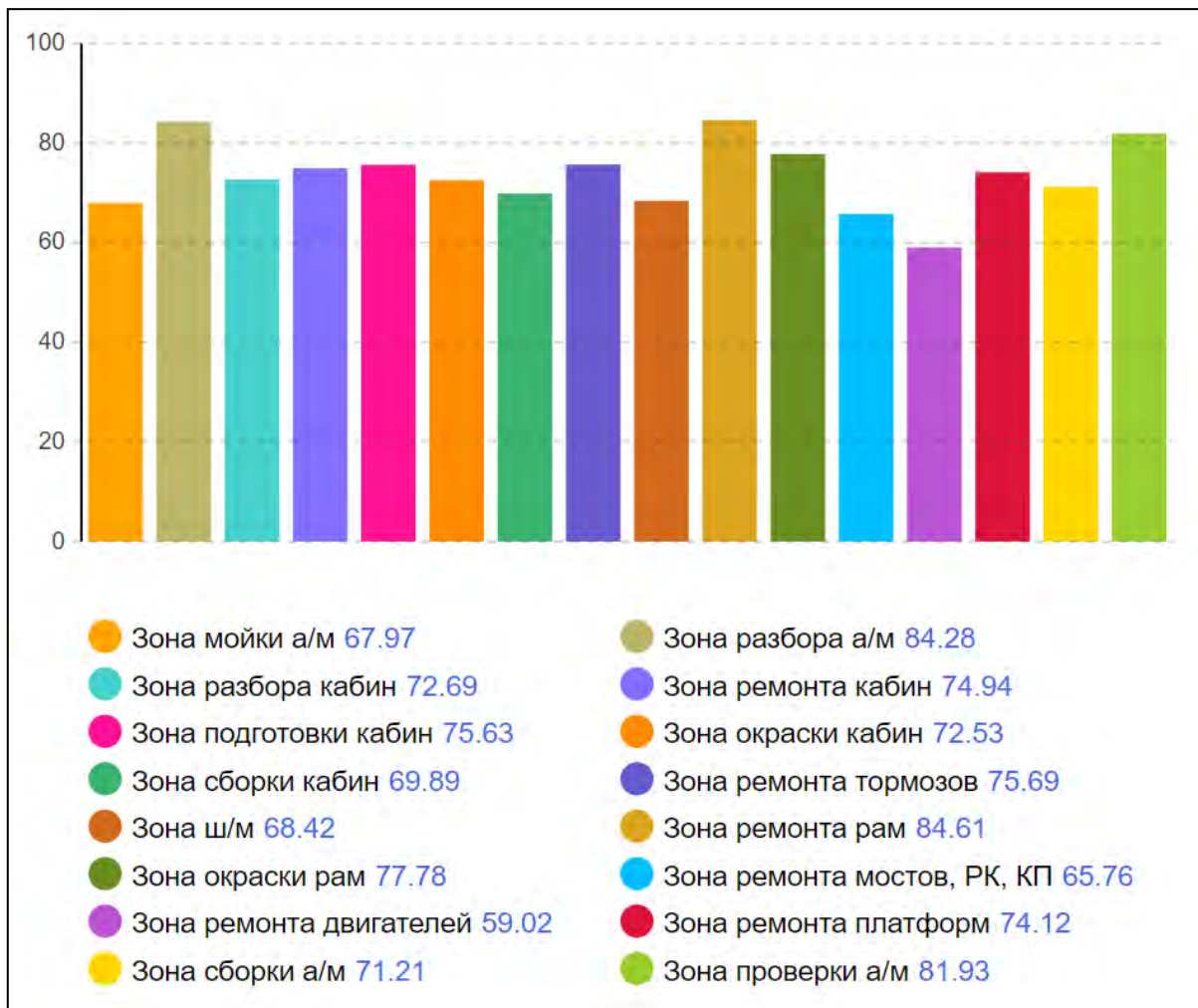


Рис. 6. Статистика загрузки зон после внедрения новых постов

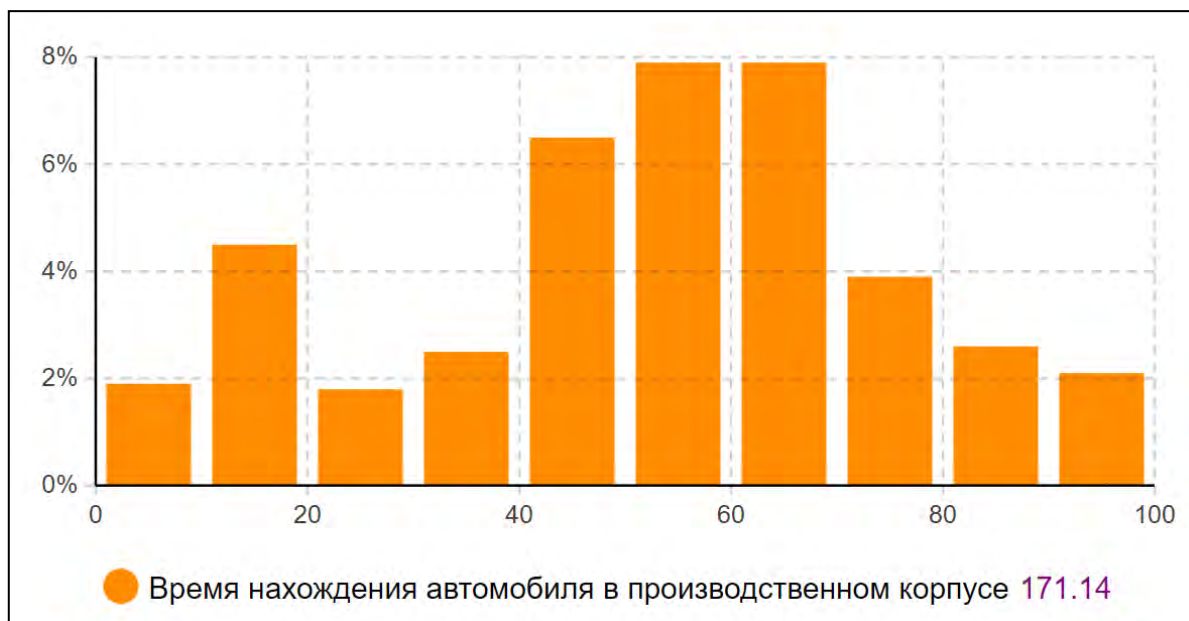


Рис. 7. Среднее время нахождения автомобиля в производственном корпусе после эксперимента

В результате внедрения дополнительных постов получаем следующие результаты:

1. Загруженность зоны разборки кабин снизилась на 22%
2. Загруженность зоны ремонта рам снизилась на 9%
3. Загруженность зоны ремонта платформ снизилась на 13%
4. Среднее время ремонта снизилось на 11 часов.

### Заключение

Таким образом, использование имитационной модели процесса капитального ремонта грузовых автомобилей, построенной в среде AnyLogic, позволяет на основе проведенного имитационного эксперимента снизить среднее время нахождения автомобиля в производственном корпусе на 11 часов, за счёт снижения загруженности зоны разборки кабин на 22%, зоны ремонта рам на 9% и зоны ремонта платформ на 13%.

### Литература

1. Применение имитационного моделирования: [Электронный ресурс] – URL: <https://studfile.net/preview/9217161/> (дата обращения: 10.03.2023)
2. Программа AnyLogic и ее возможности: [Электронный ресурс] – URL: <https://www.anylogic.ru> (дата обращения: 18.03.2023)
3. Процесс создания имитационной модели: [Электронный ресурс] – URL: <https://habr.com/ru/post/500994/> (дата обращения: 21.03.2023)
4. **Белякова, А. Ю.** Имитационное моделирование: учебное пособие / А. Ю. Белякова. – Иркутск: Иркутский ГАУ, 2020. – 120 с.
5. Документация AnyLogic. Оптимизационный эксперимент: [Электронный ресурс] – URL: <https://anylogic.help/ru/anylogic/experiments/optimization-experiment.html> (дата обращения: 20.03.2023)