$$R_{\phi} = \frac{t_2 V_n - t_1 V_{n-1}}{V_n - V_{n-1}} = \frac{\Delta \left(\frac{t}{V} \right)}{\Delta V}. \quad (18)$$

Среднее значение по n точкам опыта:

$$R_{\phi}^{\text{cp}} = \frac{\sum \left[\Delta \left(\frac{t}{V} \right) \right]}{n}. \quad (19)$$

Технология фильтрации циклического действия обычно применяется с использованием полуволоконных мембран.

Зачастую на практике из-за различных условий отведения и очистки сточных вод, состава активного ила и структуры мембран, выявляется несоответствие паспортных данных мембран и фактической пропускной способности модульных установок, построенной на их основе.

Необходимо разработать стандартную процедуру испытаний модулей, предлагаемых к установке, и в дальнейшем придерживаться этой процедуры, в условиях действующих очистных станций.

Вариантом стандартной процедуры испытания мембранных модулей могут быть лабораторные испытания на приборах и макетах, имитирующих фильтрацию иловой смеси, один из которых и был предложен в данной статье.

Согласно предложенной методике были успешно проведены лабораторные испытания на очистных сооружениях г. Санкт-Петербурга. Полученные результаты определили направление дальнейшей работы.

1. Б. Г. Мишуков. Мембранные биологические реакторы для глубокой очистки сточных вод: учеб. пособие / Б. Г. Мишуков, Е. А. Соловьева. - СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2017. - 64 с.
2. Технический справочник по обработке воды: в 2 т.: пер. с фр. - СПб.: Новый журнал, 2007. - Т.1. - 774 с.
3. Технический справочник по обработке воды: в 2 т.: пер. с фр. - СПб.: Новый журнал, 2007. - Т.2. - 1696 с.
4. Соловьева Е.А. Удаление азота и фосфора из городских сточных вод. Технологии удаления азота и фосфора в комплексе по очистке сточных вод и обработке осадка / Е.А. Соловьева. Изд. LAP LAMBERT Academic Publishing (ISBN-13:978-3-8465-0130-6). Германия, 2011. - 292 с.
5. Simon Judd. The MBR book: Principles and Application of Membrane Bioreactors in Water and Wastewater Treatment. - ELSEVIER, 2006. - 310 с.
6. Kerry J. Howe, Mark M. Clark. Влияние коагуляционной предочистки воды на процесс мембранной фильтрации // Вода: технология и экология. - 2007. - № 2. - С. 18-44.

Шаламова О.А., Ядрошникова Г.Г., Самойлова Е.В., Юркова Е.О.
Имитационное моделирование ремонтно-сервисного производства в среде
AnyLogic

Сибирский государственный университет путей сообщения
(Россия, Новосибирск)

doi: 10.18411/sr-10-12-2019-09

idsp: sciencerrussia-10-12-2019-09

Аннотация

Анализ функционирования работы ремонтно-сервисного предприятия по оказанию услуг с целью дальнейшей оптимизации работы может быть выполнено методом построения имитационной модели данного предприятия. Модель определяется большим количеством факторов, имеющих вероятностный характер и в той или иной

степени обуславливающих некоторые трудности в построении модели. В работе представлены результаты имитационного моделирования в среде AnyLogic, где имеется возможность демонстрации модели на мониторе в режиме реального времени.

Ключевые слова: имитационное моделирование, система массового обслуживания, транспортно-технологические комплексы, среда AnyLogic, ремонтно-сервисное производство

Введение

Эффективность эксплуатации парков транспортно-технологических машин определяется множеством объективных и субъективных факторов, которые должны учитываться при принятии управленческих решений в процессе поддержания их работоспособности. К числу *объективных* факторов можно отнести: погодноклиматические условия (что особенно важно для регионов Сибири и Дальнего Востока), удаленность объектов работ от места постоянной дислокации машин, объемы работ на объектах и др. К *субъективным* факторам следует отнести: конструктивные и технологические особенности машин, возможность или отсутствие возможности получения достоверной информации о техническом состоянии машин, объемы и структурированность такой информации и т.д.

Наличие этих и других факторов обуславливает нахождение машин в их целевом состоянии (работа на производственных объектах) или количество и время переходов состояний техники в процессе ее эксплуатации, особенно время пребывания техники в состоянии ремонтов или технического обслуживания [1-5]. В связи с этим целью данных исследований является поиск методических подходов к повышению эффективности эксплуатации парков машин, путем *выполнения имитационного моделирования ремонтно-сервисного производства* для сокращения непроизводительного времени техники.

При анализе функционирования сложных производственно-экономических систем в различных ситуациях достаточно часто используются положения теории массового обслуживания. Здесь система массового обслуживания (СМО) рассматривается как система, включающая в себя такие параметры как случайный поток заявок (например, на ремонт техники), собственно алгоритм выполнения этих заявок и каналы для их выполнения.

Имитационное регулирование систем массового обслуживания

Простая СМО состоит из входного потока, очереди, канала обслуживания и выходного потока, т.е. зачастую рассматривается классическая одноканальная СМО с марковским входящим потоком заявок (рис. 1). При этом заявки поступают с интенсивностями $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, а число мест в очереди не ограничено.

Рисунок 1 – СМО с одним каналом обслуживания

Однако в практике функционирования ремонтно-сервисного производства схема модели СМО может быть значительно сложнее. Во-первых, поступающие заявки могут быть разных типов: плановое выполнение ТО-1 или ТО-2, плановый текущий ремонт

машины, внеплановый ремонт по устранению причин внезапного отказа техники и др. Во-вторых, может иметь место не один, а несколько каналов обслуживания, т.е. работает не один, а несколько мастеров (ремонтных бригад) в своих ремонтных зонах, причем у мастеров может быть разный уровень специализации выполнения заявок, т.е. один мастер (бригада) может выполнять заявки только одного типа, второй двух типов, третий – трех и так далее.

В этом случае решение задачи наиболее оптимальной организации ремонтно-сервисного производства может быть выполнено путем построения имитационной модели, позволяющей определить математическое ожидание и вероятность выполнения заявок, на основе дискретно-событийного подхода, когда последовательно-соединенные объекты СМО задают последовательность выполнения заявок.

В настоящее время при имитационном моделировании различных дискретных процессов в качестве инструментального средства широкое распространение получила система моделирования *AnyLogic*, разработанная компанией «*The AnyLogic Company*» на основе современных концепций в области информационных технологий в начале 90-х гг.[6, 7]. Данная программа уже нашла широкое применение в логистике, производстве и других областях. Основным достоинством данной программы после внесения исходных данных и создания модели расчета необходимых параметров является возможность и демонстрация на экране монитора в режиме реального или виртуального времени симуляции модели, ее изменяющихся параметров, а также сбора статистики в данной предметной области [8 - 10].

В соответствии с алгоритмом решения задачи имитационного моделирования выполнения ремонтно-сервисных работ в среде *AnyLogic*, поступившая заявка принимается диспетчером на обслуживание одним из свободных каналов. Если мастер (бригада), обслуживающий один определенный тип заявок, загружен, его заявка переходит к другому, более универсальному мастеру (бригаде), обслуживающему не один, а два типа заявок, и так далее, пока не освободится один из каналов обслуживания. Если все каналы заняты, то заявка становится в очередь в ожидании обслуживания (рис. 2).

Диспетчер может принимать к выполнению не все типы заявок, тогда такие заявки получают отказ. Обычно заявки получают отказ в случае, если ремонтно-сервисное предприятие не располагает нужным диагностическим или ремонтным оборудованием для выполнения заявленного вида услуг. Кроме того, заявки могут накапливаться и у мастеров, и у диспетчера. В этом случае также может приниматься решение об отказе выполнения заявки, если клиент не желает ждать своей очереди.

Рисунок 2 – Схема предоставления предприятием ремонтных услуг

При таком подходе основная задача рассматриваемой проблемы должна заключаться в разработке рекомендаций по рациональной организации работ для обслуживания поступающих заявок при оптимальных затратах. При этом получаемые результаты будут зависеть от интенсивности поступления заявок и сложности выполняемых работ.

В настоящих исследованиях к рассмотрению была принята имитационная модель, при которой в соответствии с исходными данными в СМО поступают заявки на обслуживание четырех типов. Вне зависимости от типа заявки, они обрабатываются диспетчером, после чего поступают на каналы обслуживания – к мастерам. Один мастер может выполнять заявки только одного типа, второй двух типов, третий – трех и так далее. Если мастер, обслуживающий только один тип заявок, занят, его заявка переходит к другому мастеру, обслуживающему два типа заявок. При полной занятости второго мастера, заявка переходит к третьему мастеру (бригаде) и так далее, пока не освободится один из мастеров.

Полученная симуляция модели и ее изменяющиеся параметры для наглядности выводятся на монитор ПК диспетчера, который далее принимает решение о выполнении заявки тем или иным мастером, постановке в дополнительную очередь или об отказе выполнения данной заявки.

Для принятой имитационной модели была выполнена ее симуляция в режиме виртуального времени с демонстрацией на экране монитора результатов реализации данной модели в среде AnyLogic (рис. 3, 4).

Рисунок 3 - Имитация поступающих заявок от клиента

На рисунке 3 видно, что для реализации имитационной модели приняты и представлены несколько объектов:

- «источники заявок» - объекты, которые имитируют поступающие заявки как обращение клиента на предприятие (СТО) для оказания ему услуг (см. рис 3);
- «типЗаявки» - объект, сортирующий ремонтно-сервисные услуги по типам заявок;
- «очДисп» - объект, сортирующий заявки разных типов и формирующий очередь заявок по их типам;
- «Дисп» - объект, моделирующий работу диспетчера в случае поступления заявки исключительно по желанию клиента (вид работы, желаемый канал (конкретный мастер) и др.;
- «отказ» - объект, перенаправляющий заявки в новую очередь, либо предоставляющий полный отказ в выполнении ремонтно-сервисных работ;
- «поТипамЗаяв» - объект, формирующий отказы по типам заявок или полностью уничтожает заявку.

Распределение заявок по группам мастеров осуществляет сектор «Диспетчеры». Он направляет заказы группам мастеров согласно типам заявок в зависимости от вида ремонта и от занятости мастеров в текущий момент времени (см. объекты «видРемЗаяв1», ..., «видРемЗаяв4» (рис.4). Накопление заявок по их типам происходит на объекте «поТипамЗаяв».

Так, например, на рисунке 4 видно, что число поступивших заявок в текущий момент равно 51, в том числе 13 заявок поступило для ремонта заявки типа1, 13 заявок - для ремонта заявки типа 2, 7 заявок - для ремонта заявки типа 3 и 28 заявок - для ремонта заявки типа 4.

Рисунок 4 – Распределение заявок по типам и мастерам

Рисунок 5 - Распределение заявок по мастерам

На рисунке 5 показан сектор «Мастера». Функция этого сектора – имитация ожидания освобождения мастеров, время выполнения соответствующего вида ремонта и отправление выполненной заявки в сектор «Учет выполненных заявок».

Свободные мастера проверяются объектами «свобМастер1 –свобМастер4» по всей цепочке последовательно согласно схеме, приведенной на рис. 2. Например, если Мастер3 выполнил заявку 3-го типа, но в очереди нет пока клиента с 3-м типом заявок, тогда проверяются условия занятости мастеров 1 и 2. Если все они заняты, тогда Мастер3 может выполнять поступившие заявки типа 1 и типа 2. Для каждого мастера моделируется очередь объектами «очМастеров1 - очМастеров4».

Расчёт количества выполненных заявок по типам и видам ремонтов учитывается в секторе «Учет выполненных заявок» (рис. 6).

Рисунок 6 - Моделирование блока «Учёт выполненных заявок»

Здесь же определяется вероятность выполнения заявок по формуле

$$P_{ВыпЗаяв}^{Tuni} = N_{ВыпЗаяв}^{Tuni} / N_{ПостЗаяв}^{Tuni}, \quad (1)$$

где $P_{ВыпЗаяв}^{Tuni}$ – вероятность выполнения заявок соответствующего типа (1-4);

$N_{ВыпЗаяв}^{Tuni}$ – количество выполненных заявок соответствующего типа (1-4);

$N_{ПостЗаяв}^{Tuni}$ – количество поступивших заявок соответствующего типа (1-4).

Объектом «поТипамЗаяв» собираются заявки всех типов после работы каждого мастера. Этот объект моделирует общую базу данных предприятия (СТО), в которую вносятся данные обо всех выполненных заявках, клиентах, автомобилях, т.е. формируется клиентская база предприятия. После записи данных о выполненных работах, заявки отправляются на объект «sink1», где уничтожаются. Это действие моделирует выдачу готового автомобиля клиенту.

В секторе «Учет выполненных заявок» также рассчитывается количество видов ремонтов, выполненных по заявкам каждого типа (рис.6). Так, например, выполнено всего 26218 заявок типа 1, в том числе ремонтов: вида 11 – 13215, вида 12 – 13206 и вида 13 – 11705.

В принятую модель можно вносить изменения, связанные с количеством мастеров и диспетчеров, которые могут положительно или отрицательно повлиять на работу предприятия в целом. После внесения изменений следует повторить симуляцию принятой модели для новых условий с целью оценки эффективности тех или иных принятых решений по организации ремонтно-сервисного производства.

Выводы

Таким образом, проведенные исследования показывают, что имитационная модель системы массового обслуживания в среде AnyLogic может рекомендовать наиболее рациональную организацию выполнения заявок на ремонтно-сервисные услуги в зависимости от интенсивности и случайности поступления заявок, мощностей каналов обслуживания и многоканальности системы в целом. Использование такого подхода в практике ремонтно-сервисного производства позволит значительно сократить время пребывания машин в техническом обслуживании и ремонтах и снизить затраты, связанные с потерями производительного времени техники.

1. Интегрированный логистический менеджмент на основе многокритериальной оценки технического состояния машин // Шаламова О.А., Ядрошникова Г.Г., Самойлова Е.В., Юркова Е.О. // Вестник Иркутского государственного технического университета. - 2018. т. 22. № 10 (141). - с. 248-256.
2. Совершенствование организации технической эксплуатации машин с использованием экспертного метода при принятии управленческих решений / Шаламова О.А., Самойлова Е.В., Юркова Е.О., Ядрошникова Г.Г. // Актуальная наука. – 2018. - № 5 (10). – с. 35 – 39.
3. Способы повышения эффективности эксплуатации транспортно-технологических комплексов с использованием имитационного моделирования / Шаламова О.А., Самойлова Е.В., Юркова Е.О., Ядрошникова Г.Г. // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2017. - № 3 (42). – с. 12 – 18.
4. Повышение эффективности эксплуатации транспортно-технологических комплексов / Шаламова О.А., Самойлова Е.В., Юркова Е.О., Ядрошникова Г.Г. // Транспортные и транспортно-технологические системы материалы международной научно-технической конференции. – Тюмень: Изд-во Тюменского индустриального университета, 2017. С. 466-470.
5. Планирование и организация производства на ремонтно-сервисном предприятии : учеб.-метод. пособие / О. А. Шаламова, Е.В. Самойлова, Е.О. Юркова, Г.Г. Ядрошникова. - Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2018. - 32 с.

6. Боев В. Д. Компьютерное моделирование: Пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования в AnyLogic7:.. — СПб.: ВАС, 2014. — 432 с.
7. Хашев, А. И. Имитационное моделирование в логистике с использованием ANYLOGIC [Текст] / А. И. Хашев // Тр. Рост. гос. ун-та путей сообщ. - 2015. - №4. - С. 124-127.
8. Ивойлов, А. А. Оптимизация производственных процессов и ресурсов эксплуатационного предприятия в среде имитационного моделирования / А. А. Ивойлов // Строит. и дорож. машины. - 2015. - №4. - С. 28-32.
9. Транспортные интеллектуальные системы = Transport intelligent systems - 2017 : сб. материалов I междунар. науч.-практ. конф. "Трансп. интеллект. системы - 2017" (TIS - 2017), Санкт-Петербург, 16-17 февр. 2017 г. / Петерб. гос. ун-т путей сообщ. Имп. Александра I ; ред.: В. В. Сапожников, Д. В. Ефанов. - СПб. : ПГУПС, 2017. - 314 с. : ил., схемы, табл. - Библиогр. в конце ст. (на рус., иностр. яз.).
10. Тимухина, Е. Н. Применение метода моделирования при решении задач, направленных на совершенствование транспортной инфраструктуры [Текст] / Е. Н. Тимухина, Е. Е. Смородинцева, А. А. Кошечев // Трансп.: наука, техника, упр. - 2015. - №1. - С. 53-55. - Библиогр.: с.55-56 .

Arslanova F.G., Kamenev E.N. Odintsov E.E.

Microplasma photoionization sensor CES as an advanced portable molecular analyzer

*Saint Petersburg Mining University
(Russia, Saint Petersburg)*

doi: 10.18411/sr-10-12-2019-10

idsp: sciencerussia-10-12-2019-10

Abstract

The 21st century is a time that requires new multifunctional technologies for analyzing the state of human health, both at industrial facilities and in conditions far from hazardous industries. Today, a large number of analyzers are known, that principles of operation are based on traditional physical methods usually. The scientific novelty of our study is that our photoionization sensor works due to the innovative collision electron spectroscopy (CES) method and it helps to solve a number of problems related to ensuring the health of workers in hazardous industries.

Keywords: microplasma, plasma, electron collisional spectroscopy, gas-analyzer.

Collision electron spectrography method

Research of plasma methods for analyzing of the molecular and atomic composition of substances are important both in fundamental and in applied terms due to their widespread application in scientific research and in real production conditions. The object of special interest is the development of new and updating existing principles and methods for analyzing substances from various points of view, including miniaturization, low energy consumption and adequate cost of equipment. Developments in this area are very active and have a long history, it means that search and implementation of new basic physical principles in the development of analytical tools and methods of the new generation.

The vast majority of analyzers is based on the ionization of the mixture and the analysis of the trajectory of movement of charged particles (ions and electrons) in specially created electric or magnetic fields to the detector. In this case, either the correlation of mass to charge or kinetic energy is determined, this data allows to identify the analyte, often in combination with additional analytical tools gas chromatography. However, it should be noted that in all such analyzers the impulse vector of the charged particle is determined, that imposes a strict requirement to maintain a high vacuum along the trajectory of movement. Any collision of an analytically charged particle with atoms or molecules of residual gas leads to scattering of this particle and to «dropping out of the game», or to erroneously detect at an unpredictable point of the receiver with a loss of resolution. An additional technical and methodological problem is the introduction of atoms or molecules of a sample, usually under