

3 **Фабрикант, Н. Я.** Аэродинамика: Общий курс / Н. Я. Фабрикант. – М. : Наука, 1964. – 818 с.

4 **Amabili, M.** Derivation of nonlinear damping from viscoelasticity in case of nonlinear vibrations // M. Amabili // Springer Netherlands, 2018.

5 **Горшков, А. Г.** // Механика слоистых вязкоупругопластических элементов конструкций / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая. – М. : Физматлит, 2005. – 576 с.

6 **Кондратов, Д. В.** Гидроупругость силового цилиндра с полым плунжером при свободном истечении жидкости / Д. В. Кондратов // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2008. – № 1. – С. 38–43.

7 **Могилевич, Л. И.** Динамика сдвливаемого слоя вязкой несжимаемой жидкости, взаимодействующего с упругой пластиной / Л. И. Могилевич, В. С. Попов, Е. С. Скородумов // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. – 2017. – № 1. – С. 53–63.

8 **Блинкова, О. В.** Задача динамики взаимодействия сдвливаемого слоя вязкого сжимаемого газа с упругой пластиной / О. В. Блинкова, Д. В. Кондратов // Труды МАИ. – 2020. – № 110. – 21 с.

9 **Блинкова, О. В.** Моделирование динамики взаимодействия сдвливаемого слоя вязкой сжимаемой жидкости с упругим трехслойным статором / О. В. Блинкова, Д. В. Кондратов // Труды МАИ. – 2024. – № 134. – EDN HUZOPQ.

УДК 656.22

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕРЫВОВ ПЕРЕВОЗОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

Р. С. БОЛЬШАКОВ, А. К. МОЗАЛЕВСКАЯ

Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Безопасность бесперебойного функционирования железнодорожного транспорта зависит от оперативного решения ряда стратегических задач, направленных на поддержание высокого уровня конкуренции с другими видами транспорта, улучшение клиентоориентированности, соблюдение сроков доставки грузов, повышение привлекательности пассажирских перевозок и т. д. [1–3]. В частности, доставка грузов в заявленные временные промежутки обуславливает повышение скоростей движения грузов поездов, что, в свою очередь, увеличивает динамические нагрузки на объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта. Такие условия отрицательно влияют как на долговечность подвижного состава, так и на целостность, и надежность рельсошпальной решетки и объектов энергетической инфраструктуры. Поэтому планирование и проведение различных видов ремонтов становится одной из основных задач по сохранению ритмичной работы железнодорожного транспорта. В связи с этим оценка пропускной способности линий при осуществлении технологических перерывов на ремонт и их продолжительность является на данный момент актуальным вопросам [4–6].

В предлагаемом докладе рассматривается применение пакетов прикладных программ для оценки времени проведения технологических перерывов.

Общие положения. Постановка задачи

Проведение ремонтных работ на перегонах железных дорог согласно директивному плану базируется на понятийной базе, основанной на представлениях о технологическом перерыве или «окне», которое представляет собой время прекращения движения по выбранному пути, что зависит от также от возможностей нормативного графика. С учетом количества путей перегона установлена различная продолжительность технологических перерывов.

Технологические перерывы в зависимости от выполняемых операций, видов ремонтов и порядка производства работ могут быть совмещенными, подготовительными и заключительными, что обусловлено временем начала «окна» и временем его окончания, а также интервалом времени от начала технологического окна до начала выполнения лимитирующей операции, интервалом времени от конца выполнения ведущей операции до окончания технологического окна.

Продолжительность технологического окна t_0 , представленная на схеме, может быть найдена при помощи следующего выражения:

$$t_0 = t_p + t + t_{св}, \quad (1)$$

где t_p – время на развертывание (разворот) работ, ч; t – интервал времени от начала выполнения ведущей (лимитирующей) операции до ее завершения, ч; $t_{св}$ – время на свертывание работ для оформления открытия перегона, ч.

Период времени t для выполнения планового объема работ с закрытием перегона определяется по лимитирующей машине с учетом протяженности фронта работ:

$$t = \frac{L_{\Phi}}{\Pi_{\text{в}}}, \quad (2)$$

где $\Pi_{\text{в}}$ – темп выполнения ведущей операции при ремонте пути или технологическая производительность ведущей машины, км/ч.

Применение специализированных программных продуктов

Программный комплекс Anylogic позволяет решать задачи имитационного моделирования для различных систем, в том числе для железнодорожного транспорта, так как достаточно точно передает симуляцию движения поездов, в том числе прием и отправление, прицепку и отцепку вагонов и локомотивов. На основе такого программного комплекса показано движение поездов при организации работ в технологический перерыв (рисунок 1). Проведение технологических «окон» независимо от количества путей влечет перерывы в движении поездов, что, в свою очередь, непосредственно влияет на ухудшение эксплуатационных показателей движения поездов, а также провоцирует экономические потери, связанные с задержками поездов различных категорий. Объект «станция» имеет следующие компоненты: количество путей, специализация станционных путей, время занятости путей и горловин станции, технологические операции, проводимые с поездами, временные нормы операций, логическое взаимодействие выполняемых операций, задержки поездов, нормативы времени на маневровую работу [3].

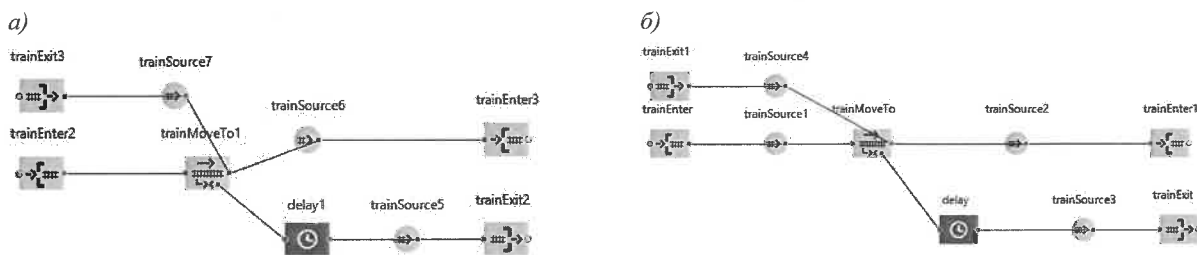


Рисунок 1 – Линейная модель движения поездов при проведении технологических перерывов в объектах программного комплекса Anylogic;
 а – однопутное движение; б – двухпутное движение

Обозначенные элементы показывают функциональные особенности составленной имитационной модели как отдельных действий, так и взаимосвязей типовых звеньев между собой в процессе симуляции технологических операций по прибытию, отправлению, обработке, пропуску, прицепке отцепке вагонов и локомотивов поездов, оценке доступных резервов железнодорожных станций и путей перегонов [6]. Количество повторов представленных вариантов зависит от времени и количества запланированных технологических «окон» и интенсивности движения поездов. Дальнейшие исследования могут быть связаны с увязкой технологических времен работ в технологические перерывы, графиком движения поездов и имитационным моделированием их прохождения при различных вариантах осуществления перевозочного процесса.

Заключение

Таким образом, при всей разработанности области исследований определение количества технологических перерывов и времени их проведения может быть оценено при помощи различных современных инструментов, в том числе и на основе комбинированного применения как математического моделирования, так и пакетов прикладных программ. На основании проведенных исследований может быть сформирован комплекс рекомендаций по количеству технологических перерывов в зависимости от их продолжительности.

Список литературы

- 1 Суханов, Г. И. Современные аспекты планирования технологических перерывов / Г. И. Суханов, Р. С. Большаков, А. В. Супруновский // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. – 2023. – № 4 (37). – С. 101–108. – EDN ZQDFVO.
- 2 Технология построения оптимального маршрута при организации мультимодальных пассажирских перевозок с учетом выбора места пребывания / Н. В. Кроль [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – № 2 (62). – С. 109–118. – DOI : 10.26731/1813-9108.2019.2(62).109-118. – EDN HZCFRZ.

3 Суханов, Г. И. Оценка эксплуатационной работы станции в условиях оптимизации тяговых плеч локомотивов / Г. И. Суханов, А. В. Супруновский, Н. В. Давыдова // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2019. – Т. 1. – С. 93–103.

4 Программа для определения технико-эксплуатационных показателей работы стыковой железнодорожной станции на основе использования статистических данных и вариантных прогнозных сценариев колебаний поступающих вагонопотоков : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022661676 Российская Федерация / Е. В. Маловецкая, А. В. Супруновский, А. К. Мозалевская ; заявитель ФГБОУ ВО «ИрГУПС»: № 2022660561 ; заявл. 07.06.2022, опубл. 24.06.2022– EDN SJVAYJ.

5 Маловецкая, Е. В. Возможности повышения эффективности перевозочного процесса на основе построения комплексных прогнозных моделей загрузки инфраструктуры / Е. В. Маловецкая, А. К. Мозалевская // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2023. – Т. 17, № 7. – С. 38–46. – DOI : 10.36724/2072-8735-2023-17-7-38-46. – EDN IAEWSG.

6 Маловецкая, Е. В. Оценка влияния неравномерностей на перевозочный процесс / Е. В. Маловецкая, А. К. Мозалевская // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел. ж. д. В 2 ч. Ч. 2. – Гомель, 24–25 ноября 2022 г. / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 207–209. – EDN BRTMRC.

УДК 539.31

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ НОВОЙ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОПОР ДЛЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

С. А. БОРШЕВЕЦКИЙ

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация,
ПАО «Яковлев», г. Москва, Российская Федерация

Н. А. ЛОКТЕВА

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация,
НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация,

В работах [1–4] рассмотрены случаи определения расположения шарнирных дополнительных опор в прямоугольных пластинах при произвольных нагрузках. Среди достоинств отмечена возможность применения новой методики и для криволинейных оболочек. В качестве начала исследований взята цилиндрическая оболочка.

На основании данных исследований рассматривается шарнирно опертая по кромкам тонкая цилиндрическая оболочка известного радиуса, высоты и постоянной толщины. В произвольное место оболочки действует сосредоточенная статическая нагрузка. Оболочка выполнена из упругого изотропного материала. Требуется определить расположение дополнительных опор таким образом, чтобы максимальный нормальный прогиб не превышал половину толщины [5]. Для использования ранее упомянутой методики задача решается в цилиндрической системе координат. В таком случае цилиндр может быть развернут в прямоугольную пластину (рисунок 1).

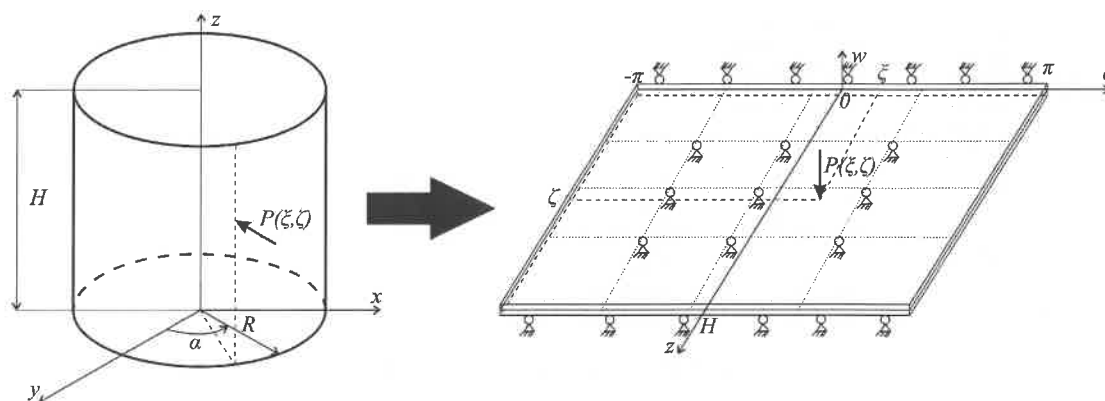


Рисунок 1 – Развертка цилиндра в пластину

Прямое использование ранее описанной методики показало расхождение аналитических и численных результатов. Для определения области применения была решена однотипная задача для трех вариантов моделей: оболочка Кирхгофа – Лява, Тимошенко, а также численное решение в про-