

Околорезонансные колебания возникают при близости частоты внешних возмущений, вызываемых тем или иным способом, к частоте возможных собственных колебаний механической системы. Определяющая процесс связь может быть неожиданно нетривиальной и условия для ее проявления созданы непреднамеренно. Одним из примеров такого рода является так называемый земной резонанс вертолетов [1].

Колебательные процессы могут представлять собой несколько различных, протекающих одновременно и находящихся в нелинейной связи друг с другом процессов.

Актуальной задачей является выяснение взаимодействия движущегося тела с окружающей средой [2]. Математическое моделирование процессов такого рода приводит к интересным задачам теории сингулярных возмущений [3].

Наиболее часто колебательные процессы развиваются в переходных режимах. При некоторых условиях возможно развитие автоколебаний – самоподдерживающегося процесса, продолжающегося и после прекращения действия вынуждающей силы [4].

#### Список литературы

- 1 Ганиев, Р. Ф. Нелинейные резонансы и катастрофы. Надежность, безопасность и бесшумность / Р. Ф. Ганиев. – М. : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2013. – 592 с.
- 2 Богданов, А. Н. Околорезонансные колебания в технике. Аэродинамический аспект / А. Н. Богданов // Проблемы механики и управления : материалы Междунар. конф. – М. : Изд-во Московского ун-та, 2018. – С. 105–106.
- 3 Коул, Дж. Методы возмущений в прикладной математике / Дж. Коул. – М. : Мир, 1972. – 274 с.
- 4 Богданов, А. Н. Моделирование вынужденных релаксационных колебаний газа в канале переменного сечения / А. Н. Богданов // Математическое моделирование. – 1994. – Т. 6, № 1. – С. 69–85.

УДК 656.22

### К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ «ОКОН»

*Р. С. БОЛЬШАКОВ, Г. И. СУХАНОВ, А. В. СУПРУНОВСКИЙ*

*Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Подразделения железнодорожного транспорта различных уровней в постоянном режиме решают оперативные задачи по обеспечению движения поездов, что нередко осложняется возникновением нештатных ситуаций, связанных с увеличением поездопотока. Это, в свою очередь, инициирует внимание к проблемам использования существующей пропускной способности, методов её увеличения, в том числе с учетом оптимального распределения локомотивного парка в увязке тяговых плеч со временем работы локомотивных бригад [1–5]. В этом направлении также актуальным является ориентация на применение специализированных пакетов прикладных программ [6], позволяющих производить моделирование работы железнодорожного транспорта для выбора оптимальных вариантов использования этих объектов инфраструктуры. Также важными остаются вопросы планирования проведения ремонтно-строительных работ, так как большие перерывы в движении поездов грозят увеличением потерь перевозочных процессов. Планирование технологических перерывов в данный момент является одним из самых востребованных направлений повышения эффективности перевозочных процессов.

В предлагаемом докладе рассматриваются средства повышения эффективности планирования технологических перерывов.

С учетом сформированного директивного плана-графика и на основании оценки оперативной обстановки осуществляется месячное планирование работ для закрытия потребностей в запланированных технологических перерывах, также обязательно участие заказчиков при оценке и согласовании запланированных работ.

Формирование директивного плана-графика необходимо увязывать с оценкой многих факторов, в том числе с объемами перевозок и эффективным взаимодействием подразделений, осуществляющих планирование и реализацию работы в технологические «окна», что инициирует необходимость автоматизации построения директивного плана-графика. Для решения комплекса задач, связанных с автоматизацией планирования «окон» и построения вариантных графиков движения поездов, используются пакеты прикладных программ «ИСУЖТ», «ЭЛЬБРУС» (рисунок 1).

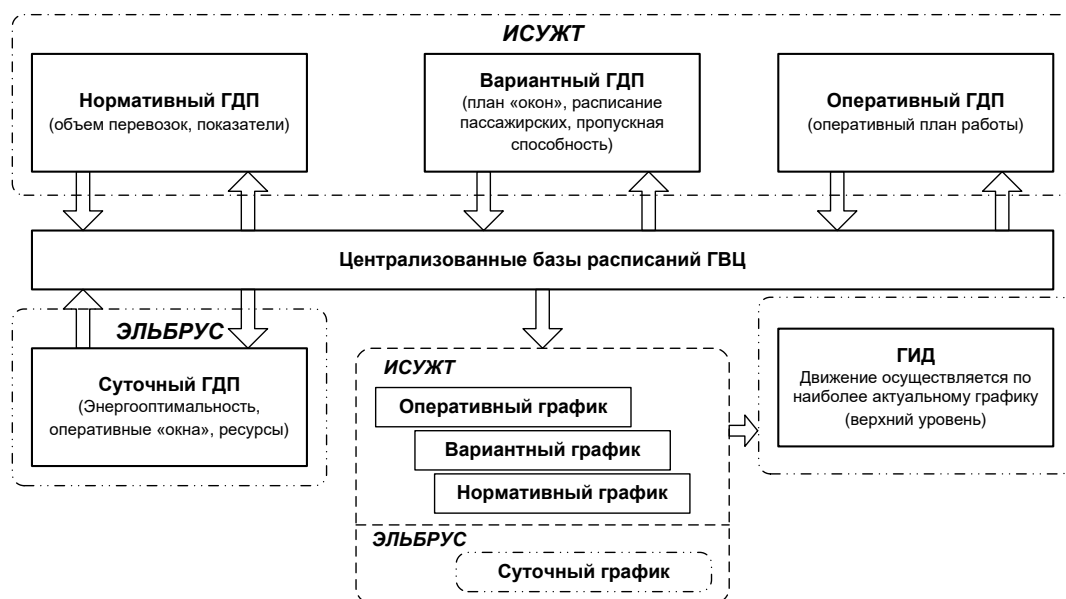


Рисунок 1 – Возможности ИСУЖТ в области формирования планов предоставления окон различных уровней

Соответственно, алгоритмы применяемых программных комплексов должны учитывать факторы, влияющие на величину пропускной способности линии, а также принимать во внимание организационно-технические мероприятия, направленные на её повышение, что в итоге должно стать основой для построения эффективных вариантных графиков движения по пропуску грузовых поездов. В частности, можно отметить, что на пропускную способность влияют технологические факторы, к которым относятся виды ремонтных работ, количество ПМС для одновременной работы, комплекс используемых машин, протяженность ремонтируемого участка, продолжительность «окна».

Оптимальная продолжительность технологического окна является ключевым положением рассматриваемой методики, так как определяет дальнейшую направленность всех этапов расчета. Экономическим смыслом данного критерия является такой выбор организации производственного процесса, при котором будут минимальны затраты труда на единицу выпускаемой продукции. При этом учитываются затраты как на ремонт инфраструктуры, так и на организацию пропуска поездов и вагонопотоков, в том числе с учетом их отклонения на параллельные линии, потерь от их задержек, возможной отмены пригородных поездов и невыполнения договорных обязательств по срокам и режиму доставки грузов, что напрямую коррелирует как с концепцией применения бережливого производства в путевом хозяйстве в частности, так и на железнодорожном транспорте в целом.

После проведения расчетов и определения удельных затрат на один километр ремонтируемого пути определяется оптимальная величина продолжительности технологического окна, при которой соблюдается условие

$$t_o^i \text{ оптимально } C_{1\text{км}} \rightarrow \min. \quad (1)$$

Анализ положений рассмотренной методики показывает, что потери при проведении ремонтно-путевых работ напрямую зависят от эксплуатационных показателей.

Таким образом, имеющиеся технические, программные и методические средства позволяют успешно решать задачи по планированию проведения технологических перерывов с учетом всего объема необходимых ремонтно-строительных работ. Однако ряд вопросов в этом направлении остаётся нерешённым, в том числе оценка влияния эксплуатационных показателей на экономическую эффективность проведения работ в технологические перерывы, что связано с построением соответствующих зависимостей.

#### Список литературы

- 1 Суханов, Г. И. Распределение времени при организации работы локомотивных бригад / Г. И. Суханов, А. В. Супруновский // Молодая наука Сибири. – 2021. – № 3 (13). – С. 140–147.
- 2 Козловский, А. П. Влияние изменения технологии управления тяговыми ресурсами Восточного полигона на эксплуатационную работу / А. П. Козловский, Г. И. Суханов, А. В. Супруновский // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – № 2 (62). – С. 234–241. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).234-241.

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 Изменение работы тягового подвижного состава на участках железных дорог Восточного полигона / А. А. Власенский [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 2 (70). – С. 154–161. – DOI : 10.26731/1813-9108.2021.2(70).154-161.

5 Суханов, Г. И. Совершенствование управления парком локомотивов Восточного полигона / Г. И. Суханов, Н. В. Давыдова // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2012. – Т. 1. – С. 38–42.

6 Супруновский, А. В. К вопросу о построении имитационных моделей перевозочных процессов в программной среде ANYLOGIC / А. В. Супруновский, Р. С. Большаков // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2022. – Т. 16, № 3. – С. 31–35. – DOI : 10.36724/2072-8735-2022-16-3-31-35.

УДК 539.31

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ПРОГИБА ДЛЯ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ЛИНЕЙНЫМ ЗАКРЕПЛЕНИЕМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ НАГРУЗКИ**

*С. А. БОРШЕВЕЦКИЙ*

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

*Н. А. ЛОКТЕВА*

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

Современные конструкции машиностроения, в том числе космические и летательные аппараты, используют тонкие панели, обшивки и другие крупногабаритные пластины и оболочки. Несомненным преимуществом такой конструкции является ее легкость, а также она выполняет аэродинамическую функцию, улучшая летные характеристики. Однако за счет своей тонкостенности подобные конструкции подвержены потерям устойчивости [1]. Для увеличения жесткости конструкции используются дополнительные опоры. Так, по всей длине крыла самолета расположены лонжероны и нервюры, увеличивающие жесткость обшивки, а по фюзеляжу расположены шпангоуты. Проблема расположения дополнительных опор для выполнения требуемого условия жесткости конструкции является актуальной при разработке новых конструкций.

Ранее уже были рассмотрены случаи определения расположения сосредоточенных шарнирных дополнительных опор [2–5]. Однако главным практическим замечанием к исследованиям являлось изучение лишь сосредоточенных опор. В будущих работах планируется рассмотреть случай линейного закрепления (защемления), имитирующего стрингер. Для отработки методики выполняется решение вспомогательной задачи.

Рассматривается шарнирно опертая тонкая упругая прямоугольная пластина Кирхгофа, в центр которой прикладывается искомая нагрузка. Сбоку от нее на расстоянии, подлежащем определению, расположено дополнительное линейное закрепление. Требуется определить вид функции прогиба, учитывающий влияние дополнительной опоры, имитирующий стрингер.

В силу невозможности определить первообразную при применении граничного условия по линии закрепления стрингера, опора имитируется серией точечных закреплений, расположенных на некотором расстоянии друг от друга. Все входящие в уравнение движения функции раскладываются в тригонометрические ряды Фурье, удовлетворяющие граничным условиям по краям пластины [6, 7]. Реакции в дискретных дополнительных опорах определяются аналогично ранее исследованным сосредоточенным шарнирным опорам. В результате получается набор реакций во множестве дополнительных опор. Далее набор реакций аппроксимируется в некоторую функцию, связывающую опоры в единую линию закрепления.

Искомая функция прогиба определяется как сумма сверток функций влияния с соответствующей внешней нагрузкой и реакцией в дополнительном закреплении.