

генерации соответствующих отчетов, документов (упрощенный фрагмент представлен на рис. 2).

Из диаграммы (рис. 1) видно, что построитель СА представлен в виде двух основных частей и соответственно агрегирует классы генератора структур и генератора параметров структур. Оба класса получены специализацией наследованием общего базового класса – генератора, содержат реализации интерфейсных методов генерации КС и описаний потоков соответственно и используют члены класса настроек для инициализации и функционирования своих объектов.

Последний класс обеспечивает корректность, хранение, доступ к характеристикам (ограничениям) сетевых спецификаций. При этом большая их часть имеет интервальный тип, поддерживаемый соответствующим классом, методы которого позволяют вероятно "разыгрывать" целые и вещественные значения из заданного диапазона, выполнять пересечение диапазонов.

Класс генератора структур включает скрытые методы получения одномерных КС (сжатый формат), трансформации КС в описания с заданным числом вероятностных узлов, трансформации КС в двумерный (матричный) формат, валидации каркасов, отсеивания некорректных решений. Класс генератора параметров сети включает скрытые методы построения матриц Р и расчета недостающих параметров, включая интенсивности потоков запросов.

Вторая система классов обеспечивает хранение данных в виде описаний потоков, включающих маршруты перемещения запросов, сведения о характере потребления ресурсов, устройств, законы распределения параметров, поддерживаемые классом функция.

Система реализована на языке С++ с использованием библиотеки линейной алгебры uBLAS из собрания библиотек Boost. Пользовательский интерфейс, экспорт-загрузка XML, генерация html-отчетов реализованы на языке С++ в двух версиях: с использованием кросс-платформенного инструментария QT; в среде Microsoft Visual Studio 2008 с использованием каркаса и классов библиотеки MFC.

Система поддерживается большинством ОС типа Windows, Linux, MacOS путём перекомпиляции без изменения исходных кодов, требует около 600 Кб памяти.

Хранение результатов, описаний сетевых архитектур производится в структурированном виде в html формате в XML базе данных, что в совокупности с каскадными таблицами стилей CSS обеспечивает генерацию и форматирование отчетов любой сложности и совместимость при передаче данных другим системам обработки информации.

Заключение. Таким образом, сформулированы требования к спецификациям сетевых архитектур, согласованные с задачами организации имитационного моделирования. Рассмотрен подход к автоматизации их генерации с учетом требуемой сложности сетей. Приведены алгоритмы получения сетевых архитектур: каркасов сетей и расчета их параметров. Приведены результаты макетирования.

Алгоритмы обеспечивают: генерацию спецификаций сетевых архитектур сетей массового обслуживания по заданным ограничениям с сохранением результатов в XML базе данных; генерацию html-отчетов с описаниями СА, с проверочной, тестовой информацией по данным из XML базы данных.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ивницкий, В.А. Теория сетей массового обслуживания / В.А. Ивницкий. – М.: Физико-математическая литература, 2004. – 772 с.
2. Рыжиков, Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии / Ю.И. Рыжиков. – СПб.: КОРОНА, 2004. – 320 с.
3. Муравьев, Г.Л. Автоматизация получения тестовых описаний систем для обучения моделированию / Г.Л. Муравьев, А.Н. Никонюк // Инновационные технологии обучения физико-математическим дисциплинам: материалы III Междунар. научно-практ. конф., Мозырь, 2011. – С. 85–86.
4. Муравьев, Г.Л. Компьютерная генерация спецификаций сетевых архитектур заданной сложности / Г.Л. Муравьев, А.Н. Никонюк, В.И. Хвещук // Технологии информатизации и управления: сб. науч. ст. 2-й Междунар. научно-практ. конф. (ТИМ-2011), Минск, 2011. – С. 50–53.
5. Андерсон, Д. Дискретная математика и комбинаторика / Д. Андерсон. – СПб.: Вильямс, 2004. – 960 с.

Материал поступил в редакцию 19.10.12

MURAVJOV G.L., NIKONYUK A.N., KHVASHCHUK V.I. Algorithms of generation of architecture of stochastic networks with the given characteristics

Requirements are provided to specifications of network architectures taking into account tasks of the organization of simulation modeling. Algorithms of receiving frames of networks and determination of their parameters of required complexity are considered.

УДК 656.13.08

Капский Д.В., Рябчинский А.И.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО УЧЕТА ПОТЕРЬ

Введение. Проблема роста аварийности в городах характерна не только для Республики Беларусь. Так, за шесть лет в Республике Беларусь произошла 554 521 авария, в т.ч. с пострадавшими 41 914 аварий, в которых ранены 44 621 и погибли 8509 человек (рис. 1). По данным статистики, в авариях ежедневно гибнут около 4 человек и около 18 получают ранения [1, 2, 3, 4].

Не установлены зависимости аварийности от различных факторов в условиях Республики Беларусь, что вынуждает пользоваться западноевропейскими, американскими или японскими данными, которые не учитывают особенности нашей страны. В Российской Федерации ежегодно происходит около 200 тысяч аварий с пострадавшими, в которых гибнут более 26 тысяч человек и более 250 тысяч человек получают ранения. Снижения количества и тяжести последствий аварий можно достичь четким контролем и учетом скорости движения в типичных местах – очагах аварий: в зоне

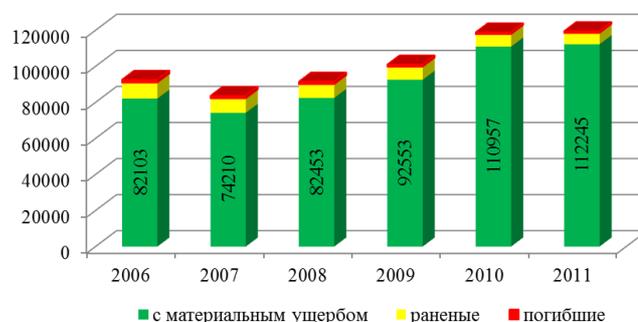


Рис. 1. Динамика аварийности в Республике Беларусь (2006–2011 гг.)

Капский Д.В., кандидат технических наук, доцент Белорусского национального технического университета.

Беларусь, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Независимости, 65.

Рябчинский А.И., доктор технических наук, профессор Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета, г. Москва.

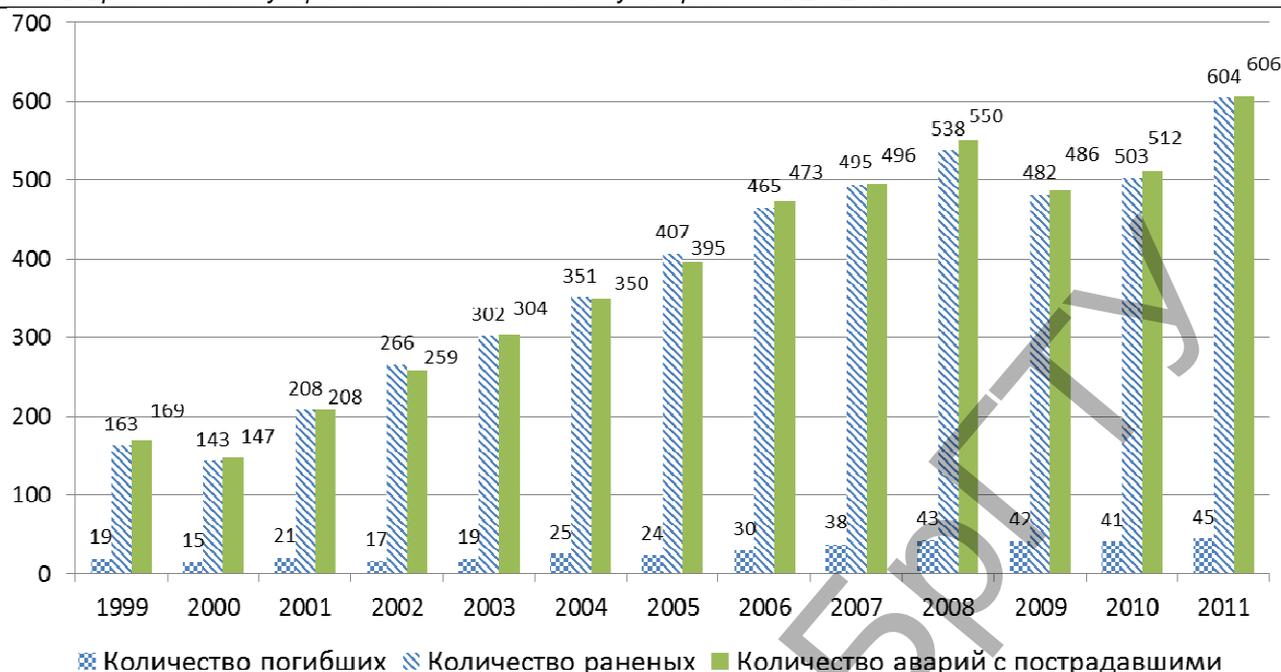


Рис. 2. Статистика отчетной аварийности на нерегулируемых пешеходных переходах Республики Беларусь (1999–2011 гг.) [1, 2, 3, 4]

нерегулируемых пешеходных переходов (рис. 2), у остановочных пунктов и т.п. Установлено, что аварийность с участием пешеходов составляет 70 – 75% среди всех аварий с пострадавшими. До 90% аварий с пешеходами совершается с участием транспорта, следующего в прямом (транзитном) направлении, что объясняется высокой скоростью транспортного потока. Наземный переход проезжей части характеризуется многообразием условий движения – величиной и периодичностью транспортно-пешеходной нагрузки, составом транспортного и пешеходного потока, условиями видимости, шириной проезжей части, скоростью движения, дисциплинированностью участников и т.д. Он должен быть расположен в безопасных (маломаневровых) местах, что должна быть обеспечена боковая видимость, удобство подхода, благоустройство и т.д. При этом необходим контроль скоростных режимов.

1. Количественный анализ. По данным статистики аварийности с пострадавшими в Республике Беларусь (период наблюдения – 12 лет), к самым опасным для участников движения авариям относятся столкновения транспортных средств и аварии с участием пешехода (наезды на пешехода). На эти аварии приходится более 73% общего числа аварий с пострадавшими. Такой вид, как столкновение с ударом сзади, характеризуется меньшей тяжестью последствий (составляет 3% в общем числе аварий с пострадавшими). Статистика аварийности по местам (объектам) совершения и элементам улиц свидетельствует о том, что на нерегулируемых пешеходных переходах происходит около 30% аварий с пострадавшими, на регулируемых перекрестках (в т.ч. включенных в автоматизированную систему управления дорожным движением) – 14% (при этом доля погибших на этих объектах составляет, соответственно для этих объектов, около 21% и 7%, раненных – 16 и 27%) от общего числа аварий с пострадавшими, произошедших на конфликтных объектах.

2. Методология повышения безопасности дорожного движения. Разработан комплекс методологических принципов повышения безопасности дорожного движения, включающий:

- принцип сбалансированного учета аварийных и экологических потерь при выборе наилучших решений, основанный на том, что в случае равенства суммарных потерь сопоставляемых решений производится ранжирование (повышение значимости) аварийных и экологических потерь и выбор производится по «ранжированным» суммарным потерям, позволяющий повысить точность оценки и вероятность выбора наилучших решений;

- принцип минимизации суммарной народнохозяйственной стоимости функционирования объекта, основанный на учете одновременно капитальных вложений на внедрение мероприятий, затрат на эксплуатацию объекта и связанных с объектом суммарных потерь в дорожном движении, позволяющий выбрать наилучшее мероприятие по повышению безопасности дорожного движения и, тем самым, повысить безопасность и качество дорожного движения;
- принцип обязательной оперативной контрольной оценки внедряемых мероприятий по критерию безопасности, основанный на проведении этой оценки на реальном объекте по усовершенствованному методу прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям непосредственно в процессе внедрения, позволяющий оперативно обнаружить и устранить возможные недоработки или ошибки, допущенные в процессе выбора решений и выбора, разработки или внедрения мероприятия, и тем самым повысить безопасность дорожного движения на объекте внедрения.

Разработана научно-методическая система повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности, включающая существующие методики топографического анализа аварийности и расчетно-экспериментального определения характеристик объекта улично-дорожной сети, новую методику очагового анализа аварийности, новую методику определения расчетной социально-экономической стоимости аварий, ранее разработанный авторский метод «Конфликтных зон» прогнозирования аварийности по потенциальной опасности, ранее разработанную авторскую и новых пять методик прогнозирования аварийности по методу «Конфликтных зон» в основных видах конфликтов на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях, существующую методику расчета экономических потерь на регулируемых перекрестках и новую – на искусственных неровностях, усовершенствованную методику расчета экологических потерь на регулируемых перекрестках и существующую – на искусственных неровностях, методику оперативной контрольной оценки аварийной эффективности внедряемых мероприятий, базирующуюся на усовершенствованном методе прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям, отличающаяся оценкой качества и выбором наилучших решений по критерию минимизации суммарных потерь, оценкой качества внедряемых мероприятий по критерию минимизации суммарной народнохозяйственной стоимости функционирования объекта, и обязательной оперативной контрольной оценкой внедряемых мероприятий по критерию безопасности, позволяющая выбрать наилучшие решения и внедрить

наилучшие мероприятия и, тем самым, снизить аварийность, экологические и экономические потери в дорожном движении.

Разработана методика *очагового анализа аварийности в городских типовых объектах*. Она основана на комплексном подходе к выявлению очагов и *учитывает* методы, методики и правила выполнения отдельных, осуществляемых поэтапно процедур: предварительное установление причин аварий с использованием разработанного перечня типовых причин в городских очагах, методику натурного обследования очага с использованием разработанного перечня вопросов (бланков аудита), заключительное установление причин аварий. Отличительной особенностью методики является предварительный выбор решений по повышению безопасности движения с использованием разработанного специального перечня типовых мероприятий (решений), в котором указана их эффективность, относительно невысокими требованиями к специальной подготовке исполнителей, что *позволяет* оценить капиталовложения и разработать наилучшие решения по повышению безопасности дорожного движения.

Выполнены исследования по разработке *методики определения расчетной социально-экономической стоимости аварийных издержек, включающей* экономическую и социальную составляющие стоимости, отличающейся наличием корреляционной зависимости между расчетной стоимостью аварий и удельной (на одного человека) величины ВВП, *позволяющей* оценить аварийные потери, сопоставить в стоимостном выражении аварийные, экономические и экологические потери и обосновать мероприятия по повышению безопасности дорожного движения с учетом социально-экономического ущерба, наносимого аварийностью, и тем самым *повысить* качество принимаемых решений по безопасности движения.

Проведенные экспериментальные и теоретические исследования условий движения транспортных и пешеходных потоков позволили на основе авторского метода «Конфликтных зон» разработать комплекс методик *прогнозирования аварийности по методу «Конфликтных зон»*, включающий три методики прогнозирования аварийности на регулируемых перекрестках, в конфликтах «транспорт–транспорт» (столкновения с ударом сзади и попутные), «поворотный транспорт–пешеход», «транзитный транспорт–пешеход» и две методики прогнозирования аварийности на искусственных неровностях, в конфликтах «транспорт–транспорт» (столкновения с ударом сзади и попутные) и «транзитный транспорт–пешеход», *отличающихся* учетом большого количества факторов (около 110 параметров), влияющих на аварийность, динамическим приведением аварий с различной тяжестью последствий, установленными закономерностями формирования конфликтных зон и определения потенциальной опасности в конфликтах «транспорт–транспорт» и «транспорт–пешеход», высокой (более чем в пять раз в сравнении с самым современным существующим методом прогнозирования аварийности по потенциальной опасности) точностью прогноза, что *позволяет* сделать прогноз аварийности на стадиях выбора решений, проектирования, реконструкции или функционирования объекта и внедрить в практику организации дорожного движения новый метод прогнозирования и повысить путем разработки технических решений безопасность движения не менее чем на 15 %.

Создан комплекс методик определения экономических и экологических потерь в дорожном движении, что позволило обосновать решения по повышению безопасности дорожного движения на исследуемых конфликтных объектах по критерию минимизации потерь – аварийных, экономических и экологических, и *обеспечило* снижение экологических потерь на 12–32 %, экономических – на 18–38 % за счет внедрения оптимальных режимов регулирования, технических решений по устройству объектов и размещению технических средств организации дорожного движения и впервые позволило обосновать решения по повышению безопасности дорожного движения по критерию минимизации суммарных потерь.

3. Методика расчета экономических потерь в зоне искусственных неровностей основана на модели расчета потерь от остановок и задержек транспорта, *отличается* учетом влияния рас-

положенного в непосредственной близости пешеходного перехода и применением модели псевдорегулируемого режима движения для определения величины экономических издержек, что *позволяет* рассчитывать потери от задержек и остановок транспорта как при нормальной транспортно-пешеходной нагрузке, так и при перегрузке.

Усовершенствованная методика расчета экологических потерь на регулируемых перекрестках отличается способом формирования расчетного суммарного транспортного потока, учетом произведенных выбросов вредных веществ в нерегулируемом режиме работы перекрестка при расчете потерь от выбросов в атмосферу, учетом «сжатия» транспортных потоков при проезде перекрестка и времени нахождения каждого потока на перекрестке при расчете потерь от транспортного шума, что *позволяет* повысить точность расчета потерь.

Выполнены экспериментальные исследования конфликтных ситуаций в различных видах конфликтов, которые позволили установить закономерности конфликтного взаимодействия участников движения при проезде регулируемого перекрестка, а также искусственной неровности. *Усовершенствован метод прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям, отличающийся* новой тематической моделью прогнозирования аварийности по методу конфликтных ситуаций, которая учитывает динамическое приведение конфликтных ситуаций по степени опасности, динамическое приведение аварий по конфликтным ситуациям, порог чувствительности конфликта и установленные нелинейные зависимости между динамически приведенными конфликтными ситуациями и динамически приведенными авариями, *позволяющий* повысить точность прогноза примерно в 4 раза по сравнению с существующим методом и сделать адекватный прогноз не только количества аварий, но и тяжести их последствий на существующих объектах, выполнить действенную оперативную контрольную оценку аварийной эффективности внедряемых мероприятий, оценить запрограммированные технические решения по транспортной планировке объектов, схемы организации движения и режимы светофорного регулирования, реализованные на улично-дорожной сети Республики Беларусь.

Разработанная методология повышения безопасности движения *позволила* предложить и обосновать методы (успокоения движения, разделения транспортных и пешеходных потоков и пр.) и технические средства организации движения (дорожные транспортные светофоры), давшие возможность с помощью компьютерных программ прогнозирования аварийности и расчета экологических, аварийных и экономических потерь *создать, оценить, спроектировать и внедрить* безопасные схемы организации движения на улично-дорожной сети городов Республики Беларусь, повышающие качество дорожного движения в целом не менее чем на 10 %.

4. Практические рекомендации

На основании проведенных исследований следует заключить, что в случаях, когда поворотное движение регулируется с помощью дополнительной секции светофора, необходимо информирование водителей поворотных транспортных средств о наличии дополнительной секции (в темное время суток или в условиях недостаточной видимости) и о предстоящем включении разрешающего сигнала. Для возможности использования разработанной методологии на всех городских очагах аварийности и создания соответствующего норматива необходимо разработать методики прогнозирования аварийности по методу «Конфликтных зон» и методики расчета аварийных, экономических и экологических потерь еще на восьми городских типовых объектах – нерегулируемых перекрестках, нерегулируемых и регулируемых кольцевых перекрестках, развязках в разных уровнях, остановочных пунктах маршрутного пассажирского транспорта, железнодорожных переездах, нерегулируемых и регулируемых пешеходных переходах вне перекрестков, с учетом координированного движения, наличия трамвайного движения и др.

Заключение. На основе комплексного анализа процесса дорожного движения в Республике Беларусь разработана методология повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварий-

ности, базирующаяся на принципах максимизации опасности, минимизации суммарных потерь, сбалансированного учета потерь, минимизации суммарной народно-хозяйственной стоимости функционирования объекта и обязательной оперативной контрольной оценке аварийной эффективности, и на новой научно-методической системе повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности, включающая методику очагового анализа аварийности, методику определения расчетной социально-экономической стоимости аварий, авторский метод «Конфликтных зон» прогнозирования аварийности по потенциальной опасности, методики прогнозирования аварийности по методу «Конфликтных зон» в основных видах конфликтов на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях, методики расчета аварийных, экономических и экологических потерь, усовершенствованный метод прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям, оценкой качества принимаемых решений по критерию минимизации суммарных потерь, оценкой качества разработанных мероприятий по критерию минимизации суммарной народнохозяйственной стоимости функционирования исследуемого объекта и обязательной оперативной контрольной оценкой аварийной эффективности внедряемых мероприятий, позволяющая снизить аварийность. Это в совокупности обеспечило разработку и внедрение высокоэффективных мероприятий по повышению безопасности дорожного движения с учетом аварийности, экономичности и экологичности еще на стадии их

принятия и позволило теоретически обосновать и практически апробировать пути решения важнейшей социально-экономической и научно-технической проблемы – снижение аварийности на автомобильном транспорте и повышение качества дорожного движения в Республике.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочно-информационные материалы «Состояние безопасности дорожного движения в Республике Беларусь в 1999–2006 годах и наметившиеся тенденции»: аналитический сб. / Под общ. ред. В.Л. Филистовича. – Минск: Полиграфический центр МВД Республики Беларусь, 2007. – 124 с.
2. Аналитический сборник по аварийности. – Минск: ГУ «Полиграфический Центр МВД Респ. Беларусь», 2008. – 81 с.
3. Состояние безопасности дорожного движения в Республике Беларусь в 1999–2008 годах и наметившиеся тенденции: аналитический сб. / Сост.: В.В. Бульбенков, А.А. Сушко, О.Г. Ливанский; под общ. ред. А.Н. Кулешова. – Минск: Полиграфический Центр МВД Респ. Беларусь, 2009. – 144 с.
4. Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2010 году: аналитический сб. / Сост.: В.В. Бульбенков, О.Г. Ливанский; под общ. ред. Е.Е. Полудня. – Минск: МВД Респ. Беларусь, 2011. – 89 с.

Материал поступил в редакцию 28.11.12

KAPSKY D.V., RYABCHINSKY A.I. Improvement of road safety through an integrated view of losses

Found that the road accident – the most socially significant distribution cost of the road traffic. To reduce the severity and number of road accidents, the methodology of improving road safety, based on new methodological principles and methodological system. Design introduced in practice road traffic management.

УДК 624.04:519.3

Веренич А.А., Игнатюк В.И.

К РАСЧЁТУ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ

Введение. Решения задач строительной механики и теории упругости часто являются решениями некоторых дифференциальных уравнений или систем дифференциальных уравнений. Точное решение таких уравнений возможно в отдельных простых случаях при специально подобранных физических характеристиках и граничных условиях рассматриваемой конструкции. Практика располагает огромным числом разнообразных конструкций, для которых во многих случаях точного решения в замкнутом виде не существует. В этих случаях численные методы дают богатые возможности для получения решения. Метод конечных разностей (МКР) – классический образец метода этого направления.

Применение МКР характеризуется следующими особенностями и преимуществами [1, 2]:

- решение задачи сводится к решению системы алгебраических уравнений относительно значений искомой функции на заданном множестве точек;
- в решениях МКР используются и получаются достаточно простые выражения;
- МКР более прост в реализации, чем, например, метод конечных элементов (МКЭ);
- всегда возможно составить систему уравнений с симметричной ленточной матрицей, являющейся основой решения;
- возможно применение разностных уравнений повышенной точности [2].

В работе рассматривается расчёт методом конечных разностей изгибаемых плит, опертых по контуру, с промежуточными опорами при действии вертикальных нагрузок.

Основная идея метода конечных разностей состоит в следующем. На объекте располагается система узловых точек. Задача считается решённой, если известны значения участвующих в решении функций в этих точках $f(x, y)$. Для того, чтобы определить значения функций в узловых точках, производные в дифференциальных уравнениях заменяются конечными разностями. Полученные таким образом разностные уравнения (уравнения в конечных разностях) представляют собой алгебраические уравнения, содержащие только значения рассматриваемых функций в известном числе узловых точек, умноженные на константы.

Для каждой узловой точки записывается столько разностных уравнений, сколько значений неизвестных функций в узле. Если количество искомого функций – m , для их определения записывается m дифференциальных уравнений, которым соответствует m разностных уравнений. Вместе с граничными условиями, которые записываются также в разностной форме, эти уравнения образуют систему алгебраических уравнений, решение которой даёт нам узловые значения неизвестных функций, что и является решением данной задачи. Если кроме значений участвующих в решении функций, нас интересуют ещё и их производные, то для их определения снова используют разностные выражения.

Выражения второй и четвертой производных, которые используются в расчетах изгибаемых плит, в конечных разностях в точке i имеют вид [1]:

$$f_i'' = \frac{f_{i+1} - 2f_i + f_{i-1}}{\lambda^2} \quad (1)$$

Веренич А.А., студент строительного факультета Брестского государственного технического университета.

Игнатюк Валерий Иванович, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой строительной механики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.