

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-экономический факультет

Кафедра вычислительной техники и информационных технологий

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГАК  
Зав. кафедрой, профессор, д.т.н.

\_\_\_\_\_ А.Г. Пимонов

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2007 г.

Иванченко Дмитрий Николаевич

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-РАСЧЕТНОЙ СИСТЕМЫ  
ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И СТОИМОСТИ  
МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕМОНТУ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ**

Дипломная работа

Научный руководитель,  
профессор, д.т.н.

\_\_\_\_\_ А.Г. Пимонов

Исполнитель,  
студ. гр. ПИ021

\_\_\_\_\_ Д.Н. Иванченко

Электронная версия дипломной работы помещена в электронную библиотеку  
Файл:

Администратор:

Кемерово – 2007

## Реферат

Дипломная работа, 54 страницы, 24 рисунка, 10 таблиц, 18 источников, 4 приложения.

ИНФОРМАЦИОННО-РАСЧЕТНАЯ СИСТЕМА, ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬ, РАСЧЕТ МОСТА, НЕИСПРАВНОСТИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ, БАЗА ДАННЫХ, DELPHI, INTERBASE, ПРОГРАММИРОВАНИЕ

**Объект исследования** – искусственные сооружения на автомобильных дорогах.

**Цель работы** – создание информационно-расчетной системы оценки технического состояния и стоимости ремонтных мероприятий мостовых сооружений.

**Методы исследования и технологии разработки** – системный анализ предметной области и алгоритмизация расчетов моста, технология автоматизированных клиент-серверных баз данных, визуальное программирование.

**Результаты работы** – выполнен обзор существующих программных комплексов по автоматизации учета и расчетов моста, проведен анализ и алгоритмизация процесса расчета мостовых сооружений, создана информационно-расчетная система «Мост-ремонт», которая позволяет автоматизировать процесс учета и расчета автодорожных мостов.

**Область применения** – разработанный программный продукт может служить вспомогательным элементом в процессе обучения студентов специальности «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» по дисциплине «Искусственные сооружения на дорогах», может стать начальным шагом к разработке целого комплекса программ по учету и расчету искусственных сооружений; возможна интеграция системы в другие приложения для расширения их функциональных возможностей.

# СОДЕРЖАНИЕ

Перечень сокращений .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ .....	7
1.1 Классификация современных автоматизированных информационных систем.....	7
1.2 Обзор информационных систем дорожной отрасли .....	9
1.2.1 Программа МОСТ комплекса CREDO .....	9
1.2.2 Программа MAV.Structure .....	11
1.2.3 Программа AVTO .....	12
1.2.4 Пакет прикладных программ MS.....	14
1.2.5 Программа MIDAS/CIVIL .....	16
1.2.6 Программный комплекс ЛИРА .....	17
1.2.7 Программа PassInfo .....	18
1.2.8 Программа АС ИССО .....	20
2 НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И СТОИМОСТИ РЕМОНТА АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ .....	22
2.1 Основные положения оценки технического состояния.....	22
2.2 Определение грузоподъемности железобетонных пролетных строений .....	23
2.2.1 Общие положения .....	24
2.2.2 Определение предельных усилий в элементах.....	24
2.2.3 Определение усилий от постоянных нагрузок в расчетных сечениях элементов пролетных строений .....	27
2.2.4 Определение допустимых значений расчетных усилий .....	28
2.2.5 Выбор режима эксплуатации .....	31
2.3 Рекомендации по назначению ремонтных работ .....	32
3 ИНФОРМАЦИОННО-РАСЧЕТНАЯ СИСТЕМА «МОСТ-РЕМОНТ» .....	36
3.1 Структура базы данных .....	36
3.2 Функциональные возможности системы .....	38
3.2.1 Информационная подсистема .....	39
3.2.2 Расчетная подсистема .....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	48
ПРИЛОЖЕНИЕ А Неисправности искусственных сооружений.....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Перечень основных неисправностей, влияющих на грузоподъемность.....	51
ПРИЛОЖЕНИЕ В Сведения о материалах железобетонных мостов .....	53
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Список файлов на компакт-диске .....	54

## Перечень сокращений

В тексте дипломной работы используются следующие условные обозначения:

- АИВС – автоматизированная информационно-вычислительная система;
- АИС – автоматизированная информационная система;
- АИСС – автоматизированная информационно-справочная система;
- АСО – автоматизированная система обучения;
- АСУ – автоматизированная система управления;
- БД – база данных;
- ВСН – ведомственные строительные нормы;
- ВУЗ – высшее учебное заведение;
- ГИС – геоинформационная система;
- ГОСТ – государственный стандарт;
- ИРС – информационно-расчетная система;
- КПУ – коэффициент поперечной установки;
- МКЭ – метод конечных элементов;
- ПК – программный комплекс;
- ПО – программное обеспечение;
- ППП – пакет прикладных программ;
- САПР – система автоматизированного проектирования;
- СППР – система поддержки принятия решения;
- СНиП – свод норм и правил;
- ЭВМ – электронно-вычислительная машина;
- ЭВТ – электронно-вычислительная техника.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Российской Федерации планируется и проводится строительство и серьезная реконструкция автомобильных дорог и транспортных сооружений. Соответствующие весьма дорогостоящие программы требуют четкого планирования, грамотной стратегии, направленных на наиболее эффективное использование выделяемых денежных средств и материальных ресурсов, включая инвестиции и кредиты иностранных партнеров.

Многие мостовые сооружения автомобильных дорог России имеют большой срок эксплуатации, построены по старым нормам и технологиям, находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют серьезной реконструкции и ремонта. Из общего числа мостов, эксплуатирующихся на федеральной сети автомобильных дорог, 12,3% находятся в неудовлетворительном состоянии, 45% не удовлетворяют требованиям грузоподъемности [1]. Техническое состояние мостов характеризуется наличием большого числа дефектов и повреждений, которые значительно снижают эксплуатационную надежность. Большой проблемой является недостаточная ширина габаритов проезда и тротуаров, малая высота бордюров ограждений, повреждения деформационных швов и гидроизоляции. Фактическая долговечность автодорожных мостов крайне низкая, средний срок службы железобетонных мостов составляет 30 - 35 лет. Во многих случаях документация в организациях, эксплуатирующих мосты, неполная или отсутствует совсем, что очень осложняет работу при обследованиях, определении грузоподъемности, составлении проектов ремонта, особенно в экстремальных ситуациях.

Основой системы контроля состояния мостовых сооружений являются обследования [2]. Для выполнения специальных обследований привлекаются специализированные организации. К ним могут относиться научно-исследовательские организации и кафедры ВУЗов, соответствующие подразделения проектных организаций, специальные организации, имеющие большой опыт такой работы. Сложность, ответственность решаемых проблем определяют следующие требования к таким организациям:

- 1) наличие высококвалифицированных специалистов с опытом работы;
- 2) соответствующая экспериментальная база: приборы и оборудование для обследований, испытаний, определения прочностных свойств материалов;
- 3) вычислительная техника, специализированное программное обеспечение, в том числе для использования в экспериментах;
- 4) квалификация организации должна быть подтверждена соответствующими лицензиями.

На кафедре автомобильных дорог Кузбасского государственного технического университета ведется обучение студентов по специальности «Строительство автомобильных дорог и аэродромов». Учебный план включает дисциплину «Искусственные сооружения на дорогах», в рамках которой рассматривается оценка технического состояния и стоимости ремонтных работ мостовых сооружений. Изучение и понимание данной темы возможны после выполнения трех задач:

- 1) оценки технического состояния автодорожного моста;
- 2) определения грузоподъемности железобетонного пролетного строения;
- 3) разработки ремонтных мероприятий по приведению транспортно-эксплуатационного состояния моста в соответствие с требованиями нормативных документов.

Сложность расчетов, большой объем справочной информации указывают на возможность применения средств автоматизации. В свою очередь отсутствие доступных специализированных программ вызывает необходимость разработки собственного приложе-

ния, отвечающего, в первую очередь, требованиям ведомственных строительных стандартов и норм, а также учитывающего специфику поставленных задач и дополнительные пожелания сотрудников кафедры.

В связи с вышеизложенным целью дипломной работы является создание информационно-расчетной системы, позволяющей автоматизировать работу по учету дефектов и производить расчет автодорожных мостов и оценку стоимости ремонтных мероприятий.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- 1) проведение обзора программных продуктов управления состоянием искусственных сооружений на автомобильных дорогах;
- 2) создание алгоритма расчета грузоподъемности автодорожного моста на основе анализа имеющихся источников;
- 3) проектирование базы данных для хранения информации о мостовых сооружениях, балочных конструкциях и материалах, используемых при расчетах;
- 4) разработка программного комплекса, обеспечивающего ввод исходной информации, расчет грузоподъемности, оценку технического состояния моста, возможность сохранения результатов работы и экспорта данных в офисные приложения.

Дипломная работа состоит из введения, трех глав, заключения и содержит перечень сокращений, список использованных источников и 4 приложения.

В первой главе проведен краткий обзор и классификация современных информационных систем и их элементов, анализ существующих решений автоматизации в дорожной отрасли.

Во второй главе рассмотрены алгоритмы и методы, используемые при оценке технического состояния и стоимости ремонтных работ автодорожных мостов.

В третьей главе описана созданная в результате проведенного исследования информационно-расчетная система «Мост-Ремонт».

# 1 АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Будучи достаточно сложным процессом, автоматизация любой деятельности человека при решении практических задач должна иметь научное — прежде всего методологическое — обеспечение. Наукой, изучающей наиболее общие закономерности внедрения средств автоматизации (компьютеризации) во все сферы жизни общества и последствия этого, является информатика [3]. В рамках этой научной дисциплины автоматизация профессиональной деятельности определяется как процесс создания, внедрения и использования технических, программных средств и математических методов, освобождающих человека от непосредственного участия в получении, преобразовании и передаче энергии, материалов и информации. Основные виды автоматизируемой профессиональной деятельности: производственные процессы, проектирование, обучение, научные исследования, управление. Основу автоматизации профессиональной деятельности в современных условиях составляют средства электронно-вычислительной техники (ЭВТ) и связи.

Как и всякая другая научная дисциплина, информатика имеет свой объект и предмет. В качестве *объекта информатики* выступает автоматизированная информационная система (АИС), представляющая собой совокупность технических, программных средств и организационных мероприятий, предназначенных для автоматизации информационных процессов в профессиональной деятельности. Под переработкой информации понимаются все возможные информационные процессы, сопровождающие профессиональную деятельность: сбор, хранение, поиск, представление информации на определенном носителе в определенном виде (визуальном, графическом, текстовом, звуковом), получение новой информации (например, в результате проведения расчетов), передача информации по каналам связи различным адресатам и др.

Понятие «технология» означает комплекс знаний о способах, приемах труда, наборах материально-технических факторов, способах их соединения для создания какого-либо продукта или услуги. Применение понятия «технология» к информационным процессам привело к возникновению понятия «*информационная технология*» — совокупность знаний о способах автоматизированной переработки информации с использованием ЭВМ для автоматизации управленческой деятельности.

Создание новых информационных технологий и внедрение их в профессиональную деятельность является одной из основных задач информатики. Именно поэтому в качестве *предмета информатики* целесообразно рассматривать информационные технологии, определяющие рациональные способы разработки и применения АИС.

Каждая АИС обеспечивает реализацию некоторой информационной технологии переработки информации в процессе профессиональной деятельности. Таким образом, в качестве *задач информатики* можно рассматривать создание новых информационных технологий и реализующих их АИС или перенесение известных информационных технологий из одной области человеческой деятельности в другую.

## 1.1 Классификация современных автоматизированных информационных систем

В качестве основного классификационного признака АИС целесообразно рассматривать особенности автоматизируемой профессиональной деятельности — процесса переработки входной информации для получения требуемой выходной информации, в котором АИС выступает в качестве инструмента должностного лица или группы должностных лиц, участвующих в управлении организационной системой [3].

В соответствии с предложенным классификационным признаком можно выделить следующие классы АИС:

- 1) автоматизированные системы управления (АСУ);
- 2) системы поддержки принятия решения (СППР);
- 3) автоматизированные информационно-вычислительные системы (АИВС);
- 4) автоматизированные системы обучения (АСО);
- 5) автоматизированные информационно-справочные системы (АИСС).

Рассмотрим особенности каждого класса АИС.

**Автоматизированные системы управления.** АСУ представляет собой АИС, предназначенную для автоматизации всех или большинства задач управления, решаемых коллективным органом. В зависимости от объекта управления различают АСУ персоналом и АСУ техническими средствами. АСУ является организационной и технической основой реализации рациональной технологии коллективного решения задач управления в различных условиях. В этой связи разработка рациональной технологии организационного управления является определяющим этапом создания любой АСУ. В настоящее время АСУ техническими средствами нашли широкое распространение во всех развитых государствах. Объясняется это тем, что управление существующими новейшими технологическими процессами без применения АСУ техническими средствами становится практически невозможным.

**Системы поддержки принятия решений.** СППР являются достаточно новым классом АИС, теория создания которых в настоящее время интенсивно развивается. СППР называется АИС, предназначенная для автоматизации деятельности конкретных должностных лиц при выполнении ими своих функциональных обязанностей в процессе управления персоналом или техническими средствами.

**Автоматизированные системы обучения.** Традиционные методы обучения специалистов в различных областях профессиональной деятельности складывались многими десятилетиями, в течение которых накоплен большой опыт. Однако, как свидетельствуют многочисленные исследования, традиционные методы обучения обладают рядом недостатков. К таким недостаткам следует отнести пассивный характер устного изложения, трудность организации активной работы студентов, невозможность учета в полной мере индивидуальных особенностей отдельных обучаемых и т.д. Одним из возможных путей преодоления этих трудностей является создание АСО – АИС, предназначенных для автоматизации подготовки специалистов с участием или без участия преподавателя и обеспечивающих обучение, подготовку учебных курсов, управление процессом обучения и оценку его результатов.

**Автоматизированные информационно-справочные системы (АИСС).** Это АИС, предназначенная для сбора, хранения, поиска и выдачи в требуемом виде потребителям информации справочного характера. В настоящее время разработано большое количество разновидностей АИСС, и их количество продолжает увеличиваться. АИСС создаются с использованием технологии БД, достаточно хорошо разработанной и получившей широкое распространение. Простота создания АИСС и высокий положительный эффект от их использования определили их активное применение во всех сферах профессиональной деятельности.

**Автоматизированные информационно-вычислительные системы.** АИВС предназначены для решения сложных в математическом отношении задач, требующих больших объемов самой разнообразной информации. Таким образом, видом деятельности, автоматизируемым АИВС, является проведение различных (сложных и «объемных») расчетов. Эти системы используются для обеспечения научных исследований и разработок, а также как подсистемы АСУ и СППР в тех случаях, когда выработка управленческих решений должна опираться на сложные вычисления.



В зависимости от специфики области деятельности, в которой используются АИВС, различают следующие виды этих систем:

- 1) информационно-расчетные системы (ИРС);
- 2) системы автоматизации проектирования (САПР);
- 3) проблемно-ориентированные имитационные системы;
- 4) моделирующие центры.

**Информационно-расчетные системы.** Эти системы предназначены для обеспечения оперативных расчетов и автоматизации обмена информацией между рабочими местами в пределах некоторой организации или системы организаций. ИРС обычно сопрягаются с АСУ и в рамках последней могут рассматриваться как подсистема.

Технической базой ИРС являются, как правило, сети больших, малых и микро-ЭВМ. ИРС имеют сетевую структуру и могут охватывать несколько десятков и даже сотен рабочих мест различных уровней иерархии. Основной сложностью при создании ИРС является обеспечение высокой оперативности расчетов и обмена информации в системе при строгом разграничении доступа должностных лиц к служебным данным.

## ***1.2 Обзор информационных систем дорожной отрасли***

### **1.2.1 Программа МОСТ комплекса CREDO**

Комплекс программных продуктов CREDO разрабатывается и распространяется совместным предприятием «Кредо-Диалог» (г. Минск, Республика Беларусь) [4], начиная с 1989 года. За время своего развития комплекс прошел путь от системы проектирования нового строительства и реконструкции автомобильных дорог (САПР Кредо) до многофункционального комплекса, обеспечивающего автоматизированную обработку инженерных изысканий, подготовку данных для различных геоинформационных систем, создание и инженерное использование цифровых моделей местности, автоматизированное проектирование автомобильных дорог и генеральных планов объектов промышленного и гражданского строительства.

Технологическая линия обработки информации с применением комплекса CREDO получила название "CREDO-технология". Основным ее достоинством является организация взаимообмена данных между разными специалистами, который одновременно не требует дополнительных действий для передачи данных, но и не позволяет одному специалисту воздействовать на данные и ход работы другого. При этом каждому специалисту обеспечивается возможность просмотра данных по всему объекту на любой стадии его изысканий, проектирования или строительства. Кроме того, использование CREDO-технологии позволяет эффективно совмещать системы комплекса CREDO с другими программными продуктами, используемыми в процессе создания объекта.

В настоящий момент комплекс CREDO состоит из нескольких крупных систем и ряда дополнительных задач, объединенных в единую технологическую линию обработки информации в процессе создания различных объектов от производства изысканий и проектирования до эксплуатации объекта. Он включает в себя ряд отдельных программ:

- 1) CREDO\_DAT;
- 2) CREDO\_LIN;
- 3) CREDO\_TER;
- 4) CREDO\_GEO;
- 5) CREDO\_MIX;
- 6) CAD\_CREDO;
- 7) РАДОН;

- 8) ЖЕЛДОРПЛАН;
- 9) МОСТ.

Программа МОСТ (рис. 1) реализована под стандартный интерфейс WINDOWS, графическая среда – AutoCAD 2000. Исходными данными для работы является информация по бытовым отметкам, данные проектного профиля по оси проезжей части и геологические скважины.

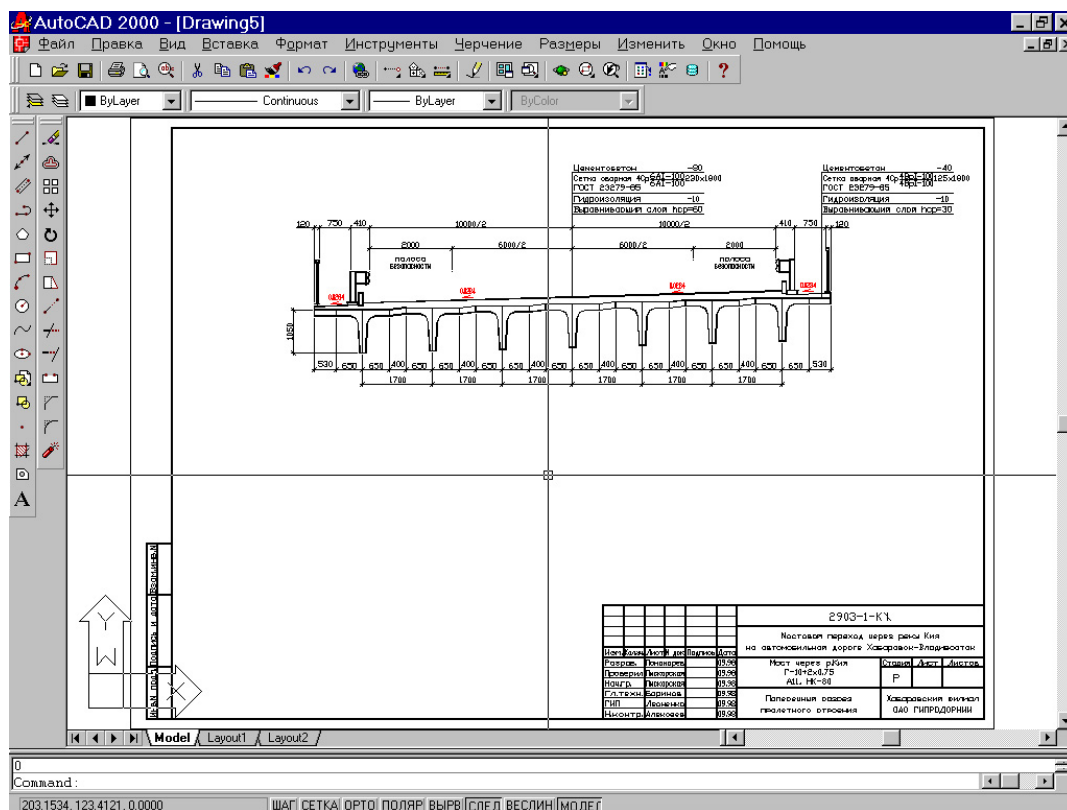


Рисунок 1 – Программа «МОСТ»

Назначение программы: проектирование мостового полотна и пролетного строения, крайних и промежуточных опор, сопряжения моста с насыпью подходов, регулирующих сооружений.

Область применения: проектирование малых, средних, больших мостов и путепроводов с железобетонными и сталежелезобетонными пролетными строениями, с различными типами опор.

Основные функции:

- 1) вычерчивание общего вида моста, опор, пролетных строений;
- 2) вычерчивание опалубочных, арматурных чертежей свай-оболочек, буронабивных столбов, сборных железобетонных столбов;
- 3) вычерчивание опалубочных, арматурных чертежей и узлов объединения блоков шкафной стенки, открьлков, сборных железобетонных лестничных сходов;
- 4) автоматизированное заполнение штампов, спецификаций, ведомостей расхода стали на элемент, ведомостей объемов работ.

Входными данными служит информация по бытовым отметкам, данные проектного профиля по оси проезжей части, геологические скважины, а результатами работы программы являются чертежи в формате DWG.

Системные требования:

- 1) процессор: Intel Pentium 200 МГц (рекомендуется Intel Pentium II 400 МГц);

- 2) ОЗУ: 64 МБ (рекомендуется 128 МБ);
- 3) видеоадаптер: поддерживающий режим XGA 1024x768;
- 4) накопитель CD-ROM для установки комплекса с компакт-диска;
- 5) параллельный или USB-порт для установки локального ключа защиты;
- 6) операционная система: Microsoft Windows 98/Me/NT/XP.

Также реализована возможность одновременной работы в локальной сети нескольких пользователей.

Комплект поставки включает комплект дискет или компакт-диск (CD) с дистрибутивом и программой установки комплекса, ключ аппаратной защиты (сетевой/локальный), комплект документации на бумажном и электронном носителе, примеры объектов, методические указания и рекомендации по работе с программным обеспечением, в количестве, соответствующем числу приобретенных систем.

Стоимость полной версии программы МОСТ 1.2 составляет 18600 руб.

## 1.2.2 Программа MAV.Structure

Программа MAV.Structure (рис. 2) разработана в Московском государственном университете путей сообщения [5] Матвеевым А.В., под руководством д.т.н., профессора Александрова А.В. и к.т.н., доцента Гершуни И.Ш. Она предназначена для численного исследования напряженно-деформированного состояния, динамики и устойчивости конструкций и приспособлена для расчета мостовых сооружений.

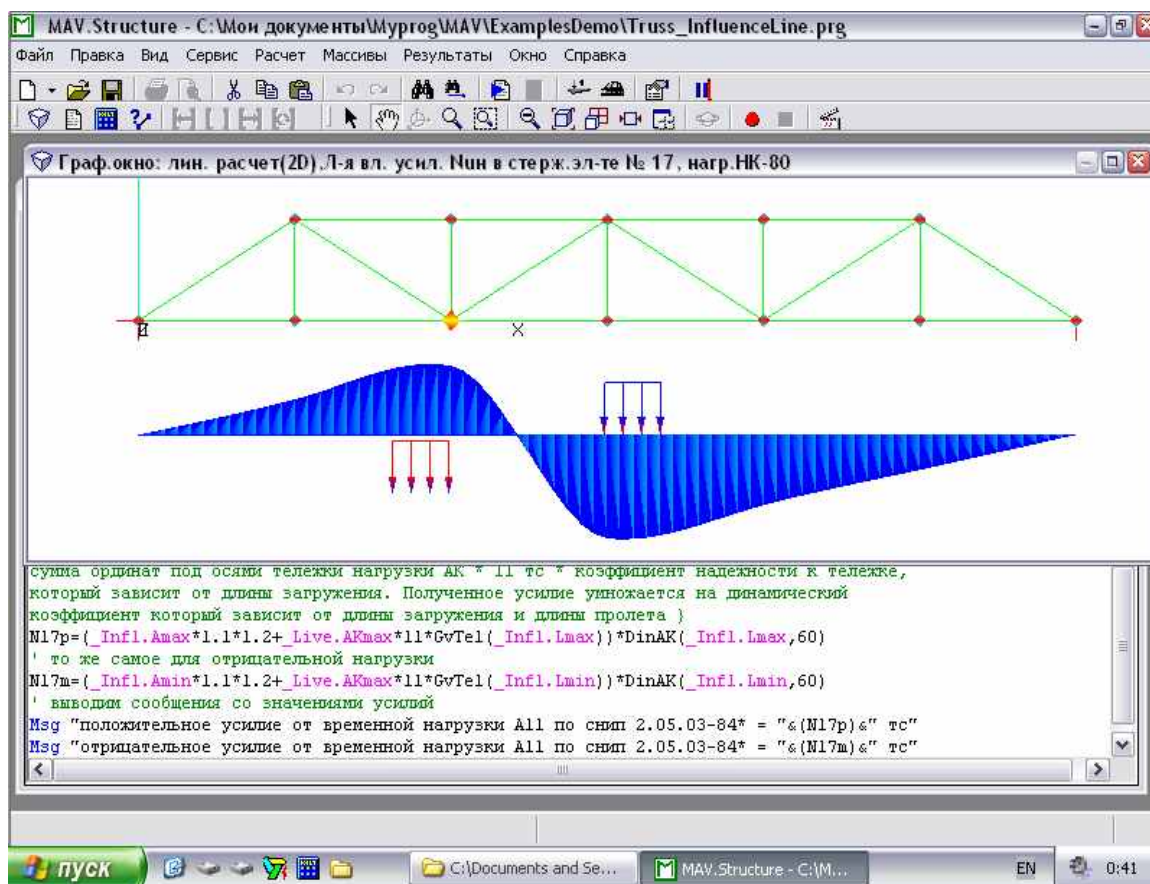


Рисунок 2 – Программа MAV.Structure

Программа MAV.Structure реализует МКЭ в форме метода перемещений для произвольных линейных и геометрически нелинейных пространственных стержневых и ните-стержневых систем. MAV.Structure создается главным образом для расчета мостов. Име-

ется возможность построения, обработки и загрузки линий и поверхностей влияния подвижной нагрузкой.

На сегодняшний день вычислительные возможности программы ориентировочно составляют:

- 1) 150000 степеней свободы;
- 2) 25000 узлов;
- 3) 200000 элементов.

Исходные данные для расчета задаются на входном языке. Благодаря встроенным в него элементам программирования можно автоматизировать подготовку исходных данных, выполнение требований нормативных документов, обработку результатов анализа конструкции, а также осуществлять вспомогательные расчеты, например, экономические. Такая особенность дает возможность вносить улучшения и изменения в конструкцию при минимальных затратах труда на перерасчет коэффициентов, диктуемых нормативными документами и на другие вспомогательные вычисления.

Результатами расчетов являются перемещения узлов и усилия в элементах, а также формы собственных колебаний и потери устойчивости. Они выводятся в виде графических изображений деформаций системы, эпюр усилий, в виде таблиц:

- 1) перемещений узлов;
- 2) усилий по концам элементов (моменты, нормальные и поперечные силы);
- 3) ординат линий влияния;
- 4) параметров участков линий влияния (длины, площади, максимальной ординаты каждого участка линии влияния);
- 5) результатов загрузки линий влияния.

Получаемую графическую информацию о системе можно записывать в видеоклип формата AVI.

Программа может быть использована для практических расчетов конструкций и для учебных целей.

Системные требования:

- 1) процессор: минимум Pentium II 233 МГц;
- 2) операционная система: Windows 98/ME/2000/XP;
- 3) ОЗУ: 64 Мб (рекомендуется 256 Мб);
- 4) DirectX версии 8.0 или выше.

Демонстрационная версия доступна на сайте программы [6]. Для запуска полной версии программы необходимо иметь электронный ключ. Стоимость приобретения одной лицензии – 13000 руб., от 2 до 5 – 11000 руб., 6 и более – 10000 руб. за одну лицензию.

### 1.2.3 Программа AVTO

Программа «AVTO» [7] реализована на языке Object Pascal в среде визуального проектирования Delphi 5.0 с использованием процессора баз данных Borland Database Engine (BDE). Автор и разработчик - Мартынов Денис Николаевич.

В программе «AVTO» реализуется расчет пространственных конструкций в отдельных плоскостях с использованием аппарата линий влияния, а особенности реальной работы конструкции учитываются при помощи дополнительных коэффициентов. Пространственный расчет мостовых конструкций является трудоемким процессом, требующим достаточно точного описания параметров, и выполняется, как правило, с использованием сложных специализированных расчетных комплексов на ЭВМ. Большую часть всей работы составляет создание адекватной расчетной модели, которая бы соответствовала

реальной. Реализованный метод расчета соответствует требованиям СНиП [8] и позволяет просто, быстро и с достаточной инженерной точностью определять величины усилий в элементах мостов.

Программа «АВТО» состоит из 5 блоков, каждый из которых несет на себе определенную функциональную нагрузку. Для выполнения расчета и получения его результатов необходимо правильно заполнить все блоки. Если какой-то из блоков не заполнен или заполнен неправильно, то произвести расчет невозможно.

Блок «Данные о расчете» носит информационный характер. В нем указываются: фамилия и инициалы пользователя, название расчета и шифр проекта.

Блок «Линия влияния усилий в элементе» описывает линию влияния усилия в рассчитываемом элементе вдоль оси моста табличным способом, путем задания абсцисс и ординат. Этот процесс сопровождается автоматизированным графическим построением линии влияния, что дает возможность контролировать правильность ввода данных. При этом также в автоматическом режиме определяются следующие параметры линии влияния: длины и площади участков различных знаков, площади отрицательных и положительных участков, экстремальные ординаты.

В диалоге «Коэффициент поперечной установки» рассчитывается КПУ. Все этапы сопровождаются графическими схемами расположения нагрузки на проезжей части (рис. 3). Данные для расчета КПУ можно загрузить из файла.

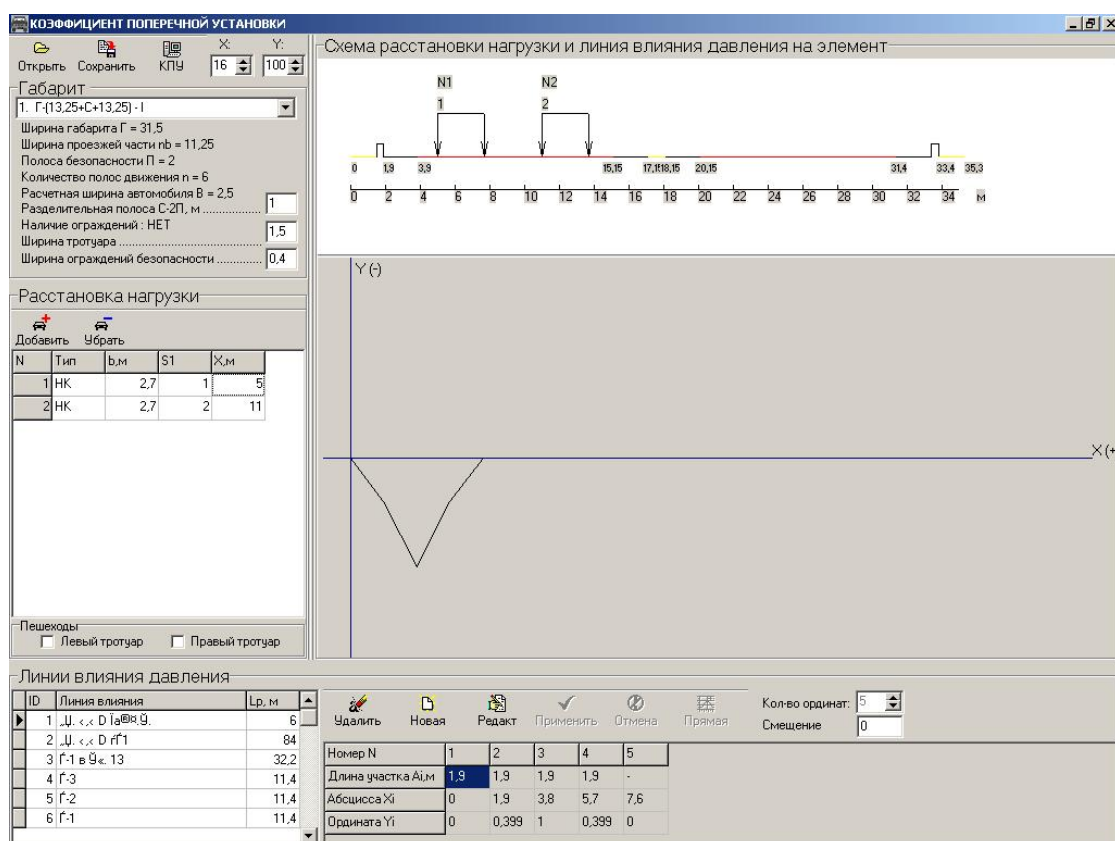


Рисунок 3 – Диалог КПУ программы АВТО

В блоке «Формирование транспортного потока» предоставляется возможность выбрать временную нагрузку либо в виде реального транспортного потока, либо в виде нагрузки по схеме АК:

1. Транспортный поток формируется из отдельных транспортных единиц, которые могут добавляться в поток в любом количестве и любой последовательности, с указанием дистанции между отдельными машинами. Таким

образом, можно сформировать произвольную схему осевых давлений, имитируя реальный транспортный поток.

2. Нагрузка по схеме АК в соответствии с п.2.12 СНиП [8] в виде распределенной нагрузки интенсивностью  $v$  и двухосной тележки с давлением от оси  $P$ . При этом требуется указать только класс нагрузки.

Для удобства анализа конечных результатов на данном этапе можно выбрать подходящие единицы измерения нагрузки: килоньютоны (кН) или тонны сил (тс). Для расчета на одиночную тяжеловесную нагрузку типа НК необходимо воспользоваться диалогом «Транспортный поток», который будет состоять из одной подвижной единицы с колесной формулой, соответствующей этой нагрузке.

Дополнительными коэффициентами являются коэффициент надежности и динамический коэффициент. Их значения вручную вычислять также не требуется, необходимо только уточнить длину загрузки линии влияния, указать тип и материал расчетного элемента, его принадлежность (элемент проезжей части или другое), вид расчета. Если расчет выполняется для существующего моста, то можно учесть реальное состояние проезжей части, которое характеризуется глубиной и частотой повторения выбоин.

Результатами работы программы являются значения усилий (нормативные и расчетные) в элементе, зависящие от воздействия указанной временной нагрузки. Имеется возможность сохранения результатов в виде файла на диске (в формате RTF).

Системные требования:

- 1) процессор: Pentium I 133 МГц;
- 2) операционная система: Windows 98/ME/2000/XP;
- 3) ОЗУ: 32 Мб (рекомендуется 64 Мб);
- 4) место на жестком диске: 10 Мб.

Программа AVTO не имеет сетевого варианта.

#### **1.2.4 Пакет прикладных программ MS**

С 1978 года Воронежский ГИПРОДОРНИИ [9] разрабатывал пакет прикладных программ "АРО" в составе технологической линии проектирования мостов ТЛП-4 системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог и искусственных сооружений САПР АД. Программное обеспечение "АРО" успешно эксплуатировалось на ЭВМ ряда европейских стран вплоть до начала девяностых годов. С 1989 года на этой базе разрабатывается и эксплуатируется САПР "MS". Она представляет собой комплекс логически и информационно взаимосвязанных программ для автоматизированного проектирования опор автодорожных мостов и путепроводов в соответствии с требованиями действующих нормативных документов:

Область применения программ системы "MS" – статические и конструктивные расчеты и расчетные проверки конструкций опор автодорожных мостов и путепроводов.

Язык программирования – Ассемблер, FORTRAN.

Программа защищена от несанкционированного копирования.

В состав системы "MS" входит графическое программное обеспечение (рис. 4). В результате работы системы проектировщик имеет возможность получать как текстовую, так и графическую (в виде схем, графиков и эпюр усилий, перемещений и напряжений) выходную информацию.



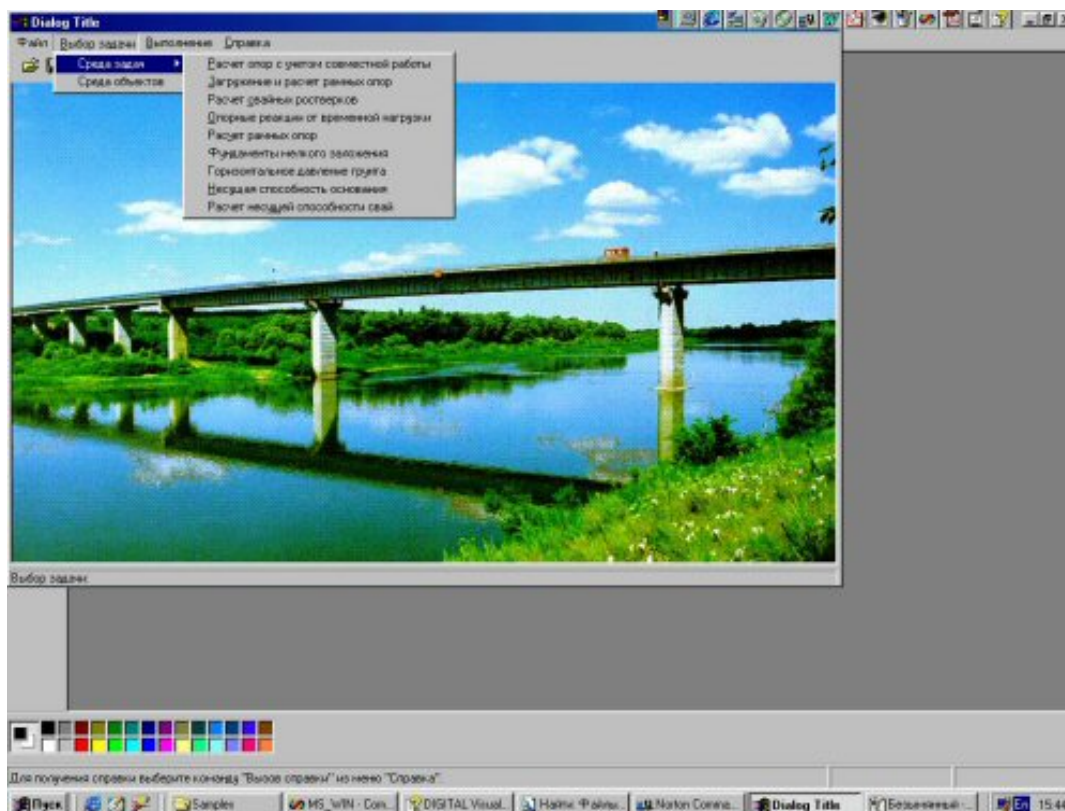


Рисунок 4 – Графический модуль ППП «MS»

В состав системы "MS" входят программы, предназначенные для решения следующих задач:

- 1) статический расчет свай, столбов, оболочек по схеме стержня упруго защемленного в грунте;
- 2) статический расчет свайных ростверков по схеме пространственной рамы с абсолютно жестким ригелем;
- 3) статический расчет рамных опор с отдельными и общими фундаментами на свайном основании;
- 4) статический расчет рамных опор с отдельными и общими фундаментами на естественном основании;
- 5) статический расчет безростверковых опор;
- 6) определение опорных реакций от временной нагрузки;
- 7) расчет осадок и кренов фундаментов мелкого заложения;
- 8) расчетные проверки фундаментов мелкого заложения;
- 9) расчет осадки автодорожной насыпи;
- 10) определение горизонтального давления грунта на устои;
- 11) расчет несущей способности оснований устоев и автодорожной насыпи графоаналитическим методом;
- 12) расчет несущей способности по грунту свай, столбов, оболочек;
- 13) формирование расчетных сочетаний нагрузок и воздействий с учетом совместной работы опор моста;
- 14) расчет перемещений и усилий в опорных частях;
- 15) определение перемещений в деформационных швах;
- 16) определение усилий в элементах непрерывной проезжей части.

Отдельные программы, входящие в систему, при автономной эксплуатации могут быть использованы в других областях проектирования.

## 1.2.5 Программа MIDAS/CIVIL

ЗАО "АСПО" [10] основано в 1990 году Ленинградской Ассоциацией проектных организаций с целью оказания научно-технических и информационных услуг создания, внедрения и использования новых технологий компьютерного проектирования объектов гражданского и промышленного строительства. Компания является поставщиком САПР объектов строительства и машиностроения. Одним из поставляемых на рынок продуктов является корейский программный комплекс MIDAS [11], который включает в себя систему для расчета строительных, преимущественно мостовых конструкций MIDAS/Civil.

MIDAS/Civil – это полностью интегрированная система, предназначенная для проектирования гражданских зданий и сооружений. Система сочетает в себе как возможности расчетов конструкций общего вида, так и возможности расчетов, характерных для гражданского строительства. Пакет обеспечивает расчет вантовых мостов, расчет конструкций из предварительно напряженного бетона, а также другие полезные инструменты, как, например, расчет на теплоту гидратации при проектировании стадий возведения.

Особенности и возможности MIDAS/Civil:

- 1) неограниченное количество узлов/элементов/комбинаций нагрузок;
- 2) алгоритмы работы с современными элементами (тросы, подкрепленные плиты, балки переменного сечения и т.п.);
- 3) значительное увеличение скорости расчетов благодаря применению мультифронтального солвера;
- 4) расчет стадий возведения;
- 5) расчет коробчатых железобетонных мостов (изменяющиеся со временем свойства материалов – ползучесть/усадка и т.п.);
- 6) расчет вантовых/висячих мостов (большие перемещения, полный, последовательный и обратный расчеты);
- 7) расчет подвижных нагрузок (база данных, содержащая транспортные нагрузки для разных стран, расчет линий/поверхностей влияния);
- 8) геометрически нелинейный расчет;
- 9) расчет тепловыделения при гидратации.

Применение MIDAS/Civil:

- 1) железобетонные мосты: мосты с пролетным строением из плит, рамные мосты, предварительно напряженные балочные мосты;
- 2) сборные металлические мосты: коробчатые/двутавровые балочные мосты, мосты со стальным покрытием;
- 3) железобетонные предварительно напряженные коробчатые мосты;
- 4) мосты с большими пролетами: вантовые, висячие и арокные мосты;
- 5) расчет тепловыделения при гидратации монолитного бетона: мосты из предварительно напряженных бетонных блоков, береговые устои, опоры, волнорезы;
- 6) подземные сооружения: тоннели, метрополитены, оснащения для стоков и водоочистки;
- 7) промышленное строительство: водяные баки, котлы, электростанции, опоры высоковольтных линий;
- 8) гражданское строительство: аэропорты, морские порты, плотины.

Комплект поставки содержит большое количество примеров, а также раздел Верификация, где результаты расчетов, выполненные по программе MIDAS/Civil, сравниваются с теоретическими.



## 1.2.6 Программный комплекс ЛИРА

Программный комплекс ЛИРА [12] является современным инструментом для численного исследования прочности и устойчивости конструкций и их автоматизированного конструирования.

ПК ЛИРА включает следующие основные функции:

- 1) развитую интуитивную графическую среду пользователя;
- 2) мощный многофункциональный процессор;
- 3) развитую библиотеку конечных элементов, позволяющую создавать компьютерные модели практически любых конструкций: стержневые плоские и пространственные схемы, оболочки, плиты, балки-стенки, массивные конструкции, мембраны, тенты, а также комбинированные системы, состоящие из конечных элементов различной мерности (плиты и оболочки, подпертые ребрами, рамно-связевые системы, плиты на упругом основании и др.);
- 4) расчет на различные виды динамических воздействий (сейсмика, ветер с учетом пульсации, вибрационные нагрузки, импульс, удар, ответ-спектр);
- 5) конструирующие системы железобетонных и стальных элементов в соответствии с нормативами стран СНГ, Европы и США;
- 6) редактирование баз стальных сортаментов;
- 7) связь с другими графическими и документирующими системами (AutoCAD, ArchiCAD, MS Word и др.) на основе DXF и MDB файлов;
- 8) развитую систему помощи, удобную систему документирования;
- 9) возможность изменения языка (русский/английский) интерфейса и/или документирования на любом этапе работы;
- 10) различные системы единиц измерения и их комбинации.

Кроме того, ПК ЛИРА обладает рядом дополнительных уникальных возможностей:

- 1) быстродействующие алгоритмы составления и решения систем уравнений;
- 2) суперэлементное моделирование с визуализацией на всех этапах расчета, позволяющее снять какие бы то ни было ограничения на размер решаемой задачи;
- 3) модули учета физической нелинейности на основе различных нелинейных зависимостей, обеспечивающие возможность компьютерного моделирования процесса нагружения с прослеживанием развития трещин, проявлением деформаций ползучести и текучести, вплоть до получения картины разрушения конструкции;
- 4) модули учета геометрической нелинейности, позволяющие определить большие перемещения конструкций с неизменяемой формой, а также установить первоначальную равновесную форму изменяемых конструкций;
- 5) большой набор специальных конечных элементов, позволяющий составлять адекватные компьютерные модели для сложных и неординарных сооружений;
- 6) специализированный процессор МОСТ, позволяющий строить поверхности влияния в назначенных пользователем элементах мостовой конструкции от подвижной нагрузки;
- 7) специализированный процессор МОНТАЖ-плюс, позволяющий отслеживать напряженное состояние сооружения в процессе его возведения;
- 8) специализированный процессор ДИНАМИКА-плюс, позволяющий производить компьютерное моделирование поведения конструкции под динамическими нагрузками, в том числе с учетом нелинейности;

- 9) специализированную систему ЛИРА КМ, позволяющую в автоматизированном режиме получать рабочие чертежи конструкций;
- 10) специализированную систему ГРУНТ, позволяющую по данным инженерно-геологических изысканий строить трехмерную модель грунтового основания.

Программа МОСТ ПК ЛИРА позволяет строить линии влияния перемещений, углов поворота, изгибающих моментов и перерезывающих сил от подвижных нагрузок в многопролетной неразрезной балке (до пяти пролетов с двумя консолями). Сечения пролетов могут быть разными, имеется возможность учета податливости опор. Кроме стандартных нагрузок А8 и А11 может задаваться пользовательская подвижная нагрузка. Также она предназначена для моделирования, расчета и анализа сложных поперечных сечений пролетных строений стальных автодорожных мостов в соответствии со СНиП [8] и его приложениями.

Входными данными являются геометрические и физические характеристики элементов модели МКЭ, условия закрепления и связи, нагрузки, дополнительно – сведения о сооружении, условия строительства, характеристики грунтов и т.п. Результаты расчетов пользователь получает в графическом и текстовом виде.

Системные требования:

- 1) процессор: минимум Pentium 100 МГц;
- 2) операционная система: Windows 98/NT/2000/XP;
- 3) ОЗУ: 32 Мб (рекомендуется 256 Мб);
- 4) место на жестком диске: 500 Мб;
- 5) CD-ROM.

Реализована сетевая версия программы. В комплект поставки входит программа на компакт-диске, электронный ключ защиты локальный или сетевой, программная документация, демонстрационные материалы.

Стоимость программы МОСТ составляет 26550 руб.

### 1.2.7 Программа PassInfo

Программа PassInfo [13] предназначена для ввода, корректировки, хранения, поиска и представления в удобном виде данных, отражающих конструкцию и техническое состояние мостов и путепроводов на автомобильных дорогах. Основным хранимым в базе данных объект – паспорт сооружения, который позволяет обеспечить надлежащее качество бумажным документам. Наряду с текстовой информацией, предусмотрена возможность хранения в базе данных по каждому мостовому сооружению неограниченного количества фотографий, схем, чертежей, аудио и видеозаписей.

Программа PassInfo разработана на Кафедре прикладной информатики Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Автор – Агапов Игорь Егорович. На официальном сайте [13] можно скачать демонстрационную версию программы (рис. 5) для ознакомления с ее возможностями.

Область применения PassInfo:

- 1) создание базы данных, содержащей оперативную информацию о состоянии мостовых сооружений;
- 2) ввод и оценка степени износа несущих конструкций;
- 3) разработка рекомендаций для выбора безопасного режима эксплуатации сооружений;

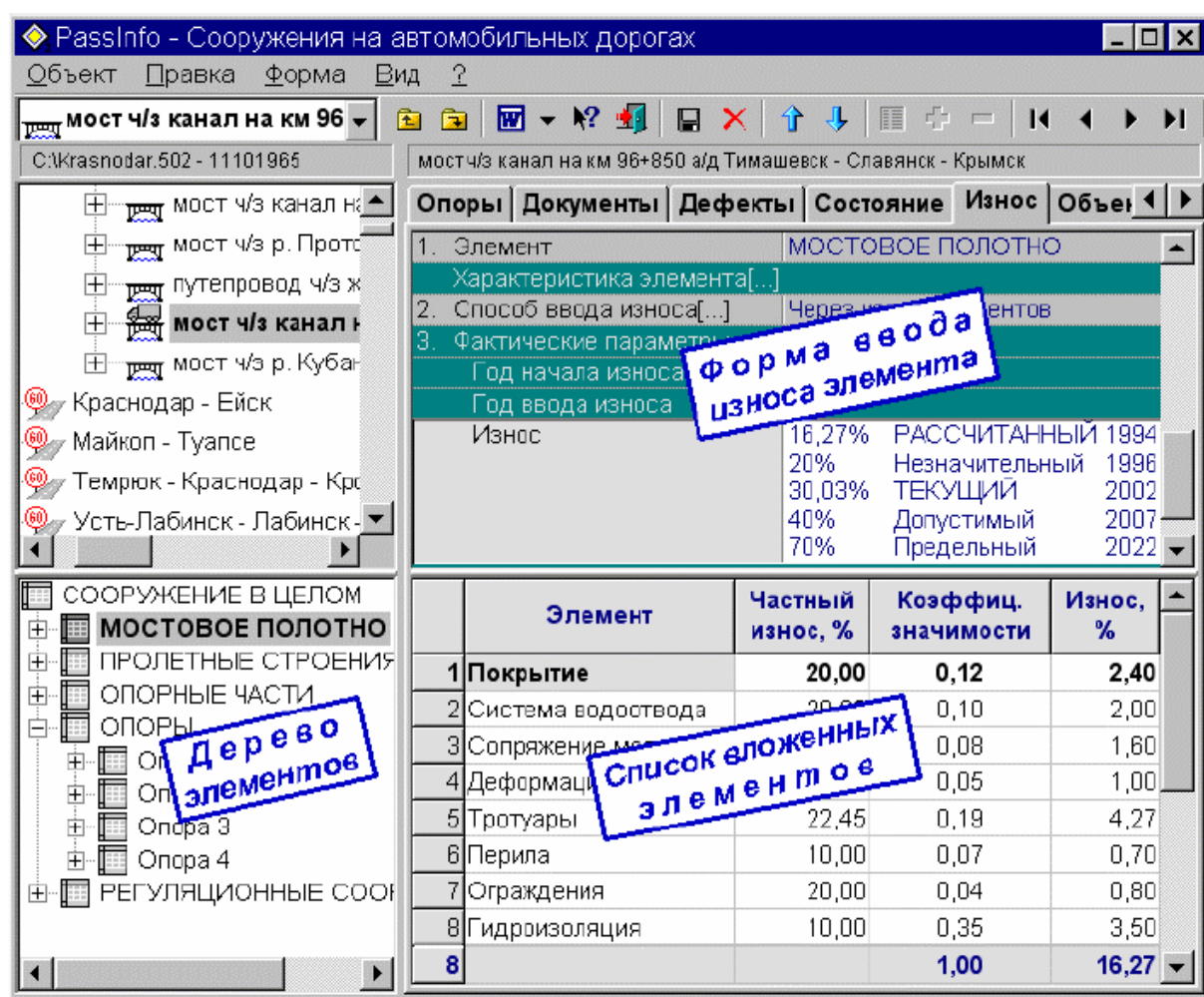


Рисунок 5 – Демонстрационная версия программы PassInfo

- 4) прогнозирование ремонта, реконструкции и перестройки мостовых сооружений;
- 5) определение оптимальной очередности ремонтных и профилактических работ;
- 6) определение объемов ремонтных работ;
- 7) составление перспективных планов работы организаций, занимающихся эксплуатацией и ремонтом искусственных сооружений на автодорогах;
- 8) решение вопросов пропуска сверхнормативных нагрузок;
- 9) формирование и печать паспортов сооружений после диагностического обследования;
- 10) просмотр и печать произвольных отчетов по любой хранящейся в базе данных информации.

С целью практического использования накопленных о мостовых сооружениях данных было разработано несколько прикладных программ:

- 2000 г. – Модуль расчета мостовых сооружений на пропуск сверхнормативных нагрузок;
- 2002-2003 гг. – Модули расчета и прогнозирования износа сооружений, определения очередности ремонтных работ и приоритетности капитальных вложений.

Основные особенности программы PassInfo.

- 1) Легкость в освоении и использовании. Удобный интерфейс обеспечивает высокую эффективность работы пользователей и позволяет сразу приступить к работе.

- 2) Хранение OLE-объектов. Возможность хранить и использовать любую графическую, звуковую и видеoinформацию, применяя для этого технологию связывания и внедрения OLE-объектов.
- 3) Ориентированность на автоматизацию работ по составлению паспорта мостового сооружения и на соответствие действующим нормативным документам по диагностике мостовых сооружений на автомобильных дорогах.
- 4) Ввод и просмотр данных непосредственно в формах, являющихся аналогами форм паспорта моста, позволяет специалистам-мостовикам не тратить напрасно время на изучение придуманных разработчиками программ способов ввода данных, а работать с теми данными, к которым они привыкли.
- 5) Наличие мощной и одновременно простой в использовании системы поиска нужной информации.

Системные требования:

- 1) процессор: Pentium 100 МГц;
- 2) операционная система: Windows 98/NT/2000/XP;
- 3) ОЗУ: 32 Мб;
- 4) место на жестком диске: 30 Мб;
- 5) CD-ROM.

Программа реализована в локальном и сетевом варианте. Также она защищена от несанкционированного копирования.

### **1.2.8 Программа АС ИССО**

Автоматизированная система АС ИССО предназначена для информационного обеспечения процесса управления содержанием искусственных сооружений (ИССО) на автомобильных дорогах. Она разрабатывается Лабораторией мостовых конструкций научно-инженерного дорожного центра Сибирского государственного университета путей сообщения (НИДЦ СГУПС). Конечной целью внедрения АС ИССО является обеспечение безопасности и бесперебойности движения путем поддержания требуемого уровня эксплуатационной надежности искусственных сооружений и оптимизация финансовых затрат на их содержание и ремонт.

Система использует разработанную в НИДЦ СГУПС структуру базы данных, существует как в локальном варианте, так и для сервера баз данных в технологии клиент-сервер. Программное обеспечение включает в себя несколько модулей.

- 1) "Ввод, просмотр и обработка данных по конструкциям и дефектам ИССО" - обеспечивает простую и эффективную процедуру занесения в базу данных необходимой информации (в том числе фото и видеоматериалов) с возможностью дальнейшего быстрого доступа для ее просмотра и корректировки.
- 2) "Подготовка стандартных форм отчетности" - формирование и печать стандартных видов отчетных документов, предусмотренных "Типовой инструкцией по техническому учету и паспортизации автомобильных дорог общего пользования", а также "Инструкцией по диагностике мостовых сооружений на автомобильных дорогах".
- 3) "Информационно-справочная система по типовым конструкциям ИССО" - содержит каталоги типовых проектов, включающие сведения об основных характеристиках применяющихся или применявшихся при строительстве ИССО конструкций, что позволяет производить их быструю идентификацию, существенно облегчает ввод данных, исключает разночтения и повышает достоверность информации.

- 4) "Универсальная справочная система" - предназначена для эффективной обработки информации из базы данных, путем предоставления пользователю возможности самостоятельно формировать произвольные запросы.
- 5) "Оценка технического состояния ИССО" - предназначена для сравнительного анализа состояния и уровня содержания ИССО, исходя из фактической дефектности и на основе параметров теории надежности (безопасность, долговечность и ремонтпригодность).
- 6) "Планирование ремонтных работ" - расчет укрупненных затрат на содержание и ремонт ИССО с учетом их действительного технического состояния. Определение приоритетных направлений и разработка перспективных планов ремонтных работ.

АС ИССО может работать совместно с любым типом ГИС.

Системные требования:

- 1) операционная система: Windows 95 и выше;
- 2) процессор: Pentium II-300 МГц или выше;
- 3) ОЗУ: оптимально - 64 Мб;
- 4) доступная память на жёстком диске: не менее 90 Мб.

Возможны следующие условия поставки комплекса:

- 1) передача CD-диска, содержащего инсталляционный пакет с демонстрационной базой данных и инструкцию пользователя (10000 руб.).
- 2) установка комплекса на компьютер. Обучение пользователей работе с системой на примере демонстрационной базы данных. Консультации по развертыванию собственной базы данных (60000 руб.).
- 3) установка комплекса на компьютер. Обучение пользователей работе с системой на примере демонстрационной базы данных. Развертывание собственной базы данных и наполнение ее исходной справочной информацией по региону. Дальнейшее сопровождение системы (150000 руб.).

Дополнительно может быть выполнено специализированное обследование 10-20 сооружений с привлечением местных специалистов для обучения методике обследования: заполнение информационной части базы данных по результатам проведенного обследования с формированием отчетных документов и анализом состояния сооружений.

## **2 НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И СТОИМОСТИ РЕМОНТА АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ**

Опыт эксплуатации автодорожных и городских мостов, системный анализ результатов обследования и испытаний большого количества этих сооружений указывает на то, что большинство мостов имеют дефекты, повреждения и не соответствуют по основным критериям современным транспортно-эксплуатационным требованиям [14]. Одно из направлений повышения эффективности эксплуатации мостов связано с внедрением планирования ремонтно-профилактических мероприятий на основе показателей фактического состояния мостов.

Планирование сроков и видов ремонтных работ является одним из важных этапов управления техническим состоянием мостовых сооружений. При комплексном подходе важно совершенствовать средства диагностики, перечень диагностических признаков и показателей разных видов технического состояния мостовых сооружений; расчетные методы оценки изменения состояния; а также необходимо обеспечить прогнозирование состояния мостовых сооружений.

В целом совершенствование управления техническим состоянием мостов в условиях эксплуатации направлено на поддержание системы их содержания на уровне, соответствующем современным нормативным требованиям, и способствует повышению безопасности движения и эффективности содержания мостовых сооружений.

Оценка технического состояния мостовых сооружений является основным звеном в системе управления эксплуатации искусственных сооружений. Благодаря объективной оценке технического состояния мостов, становится возможным принять более обоснованные решения по их содержанию, ремонту и реконструкции.

Для наиболее полного и строгого анализа работы мостового сооружения необходимо подробно изучить и оценить фактическое состояние всех его многочисленных транспортно-эксплуатационных качеств. Это возможно лишь при совместном применении всех методов обследования, испытания, а так же расчетно-теоретических методов. Таким образом, необходим системный анализ состояния эксплуатируемых мостов, разработка комплекса научно-обоснованных решений по повышению эффективности содержания эксплуатируемых мостов на основе современных информационных технологий, теории надежности и системного подхода.

### ***2.1 Основные положения оценки технического состояния***

Оценка технического состояния сооружения производится с целью правильного назначения режима эксплуатации, планирования ремонта или усиления. Согласно действующим ГОСТам, техническое состояние может быть следующим:

- 1) исправное – значения всех параметров, характеризующих состояние сооружения, соответствует всем требованиям нормативно-технической или конструкторской (проектной) документации;
- 2) неисправное – состояние сооружения не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической или конструкторской (проектной) документации;

- 3) работоспособное – значения параметров, характеризующих способность сооружения выполнять заданные функции, соответствуют всем требованиям нормативно-технической или конструкторской (проектной) документации;
- 4) неработоспособное – хотя бы один параметр, характеризующий способность сооружения выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической или конструкторской (проектной) документации;
- 5) предельное – состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, а восстановление его работоспособности невозможно или нецелесообразно.

Состояние искусственных сооружений на автомобильных дорогах принято оценивать в зависимости от их грузоподъемности и установленной категории неисправности мостового полотна (безопасность движения) и несущих элементов (долговечность). Категории дефектов и повреждений принимают согласно инструкции [15]:

1-я категория – отдельные мелкие неисправности, устранение или предупреждение которых осуществляется, как правило, при текущем уходе за сооружением;

2-я категория – неисправности, для устранения которых необходимо выполнение ремонта;

3-я категория – неисправности, нарушающие нормальную эксплуатацию и требующие неотложной замены элементов или переустройства сооружения в целом.

Техническое состояние сооружений, имеющих неисправности 1-й и 2-й категории, может быть оценено как работоспособное или частично работоспособное. Сооружения с неисправностями 3-й категории находятся в неработоспособном или предельном состоянии.

Перечень основных неисправностей, влияющих на долговечность сооружения и безопасность движения, приведен в приложении А. Дефекты и повреждения, снижающие грузоподъемность конструкции, сведены в таблице приложения Б.

Состояние сооружения будет оцениваться в 4 балла, если все неисправности относятся к 1-й категории, а грузоподъемность сооружения соответствует проектной. При наличии неисправностей 2-й категории и снижении грузоподъемности не более чем на 10% состояние сооружения оценивают в 3 балла. Если грузоподъемность снижена более чем на 10% или имеются неисправности 3-й категории, то состояние сооружения может быть оценено только в 2 балла.

## ***2.2 Определение грузоподъемности железобетонных пролетных строений***

Одной из важных задач, решаемых при эксплуатации мостов и путепроводов на автомобильных дорогах, является определение грузоподъемности и режима пропуска транспортных средств.

Грузоподъемность элементов моста определяется одним из следующих способов:

- 1) сопоставление временных вертикальных нагрузок, на которые проектировалось сооружение (по году проектирования) с нагрузками, действующими в настоящее время;
- 2) сопоставление данных об эксплуатируемом сооружении с типовыми проектами или подобными сооружениями, грузоподъемность которых известна;
- 3) перерасчет грузоподъемности по фактическим размерам элементов конструкции и данным материалов в натуре;
- 4) проведение натурных испытаний.

Первые два способа ориентировочные и могут использоваться для примерной оценки грузоподъемности мостов, не имеющих дефектов, снижающих грузоподъемность.

В практике работы дорожных организаций, занимающихся эксплуатацией мостов, применяются методы, основанные на испытаниях мостов воздействием нормативной нагрузки, или расчетный метод по данным специальных обследований состояния элементов конструкций моста.

### 2.2.1 Общие положения

Грузоподъемность – это наибольшая масса транспортного средства определенного вида, которая может быть безопасно пропущена в транспортном потоке или одиночном порядке по сооружению. Правила определения грузоподъемности железобетонных балочных пролетных строений установлены Инструкцией [16].

Грузоподъемность для потока (колонны) автомобилей выражают в виде:

- 1) массы эталонного трехосного грузовика, движущегося в составе колонны из таких же автомобилей с дистанцией 10 м;
- 2) установленного класса К автомобильной нагрузки по схеме АК [8].

Для тяжелой одиночной нагрузки грузоподъемность принимают в виде массы эталонной четырехосной тележки по схеме НК [8].

Применительно к автомобильным нагрузкам грузоподъемность определяют при условии движения нескольких колонн, число которых соответствует числу полос движения, а положение в пределах ездового полотна – невыгоднейшее для рассматриваемого сечения конструкции. Согласно СНиП [8] расстояние между осями смежных полос нагрузки не должно быть менее 3 м; при загруженных тротуарах оси крайних полос нагрузки не должны быть расположены ближе 1,5 м от края проезжей части, куда не входят полосы безопасности, а при незагруженных тротуарах – не ближе 1,5 м от ограждения ездового полотна. При определении грузоподъемности через эталонную одиночную нагрузку предусматривают наиболее невыгодное ее расположение в пределах фактической ширины проезжей части, но не ближе 0,25 м к бордюру, считая от края.

Исходя из реального режима работы автодорожных мостов, можно рассматривать только случай автомобильной нагрузки при незагруженных тротуарах. Тогда выражение для определения допустимого значения расчетных усилий от временных нагрузок:

$$[S]_{\text{вр}}^{\text{расч}} = S_{\text{пред}} - S_{\text{пост}}^{\text{расч}}, \quad (1)$$

где  $[S]_{\text{вр}}^{\text{расч}}$  – расчетные временные усилия в элементе;  $S_{\text{пред}}$  – предельные усилия;  $S_{\text{пост}}^{\text{расч}}$  – постоянные усилия в элементе.

Рекомендуется выражать грузоподъемность потока автомобилей через массу эталонных грузовиков в тоннах, так как регулирование режима движения по мосту в процессе эксплуатации осуществляется с помощью дорожных знаков по ГОСТ 10807-78:

- 1) знак 3.11 – «Ограничение массы» с указанием допускаемой массы транспортного средства (в тоннах);
- 2) знак 3.12 – «Ограничение нагрузки на ось» с указанием допускаемой осевой нагрузки (тс).

### 2.2.2 Определение предельных усилий в элементах

Предельные усилия  $S_{\text{пред}}$  в расчетных сечениях несущих элементов по условиям достижения предельных состояний первой и второй групп при известном армировании



рассчитывают по указаниям СНиП [8]. Для учета дефектов, снижающих несущую способность, величина  $S_{пред}$  умножается на коэффициент  $m_\phi$  (см. приложение Б). Основные сведения о материалах железобетонных мостов, необходимые для расчета предельных усилий, приведены в приложении В.

Предельный изгибающий момент в плите проезжей части определяют в предположении прямоугольной эпюры напряжений в бетоне сжатой зоны с ординатой, равной расчетному сопротивлению бетона  $R_b$  МПа, и напряжением в растянутой арматуре, равному его расчетному сопротивлению  $R_s$  МПа. Расчетная формула получена из условия равенства нулю всех моментов относительно центра тяжести растянутой арматуры (например, на рис. 6 приведена схема для консольного участка плиты):

$$M_{пред} = R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5x) + R_s \cdot A'_s \cdot (h_0 - a'_s), \quad (2)$$

где  $x$  – высота сжатой зоны бетона, м;  $h_0$  – рабочая высота сечения, м, измеряемая от сжатой грани изгибаемого элемента до центра тяжести растянутой арматуры ( $h_0 = h - a_s$ );  $A_s$ ,  $A'_s$  – площади сечения растянутой и сжатой арматуры, м<sup>2</sup>;  $a_s$ ,  $a'_s$  – расстояние от центра тяжести растянутой и сжатой арматуры до ближайшей грани сечения, м;  $b = 1$  м – расчетная ширина плиты.

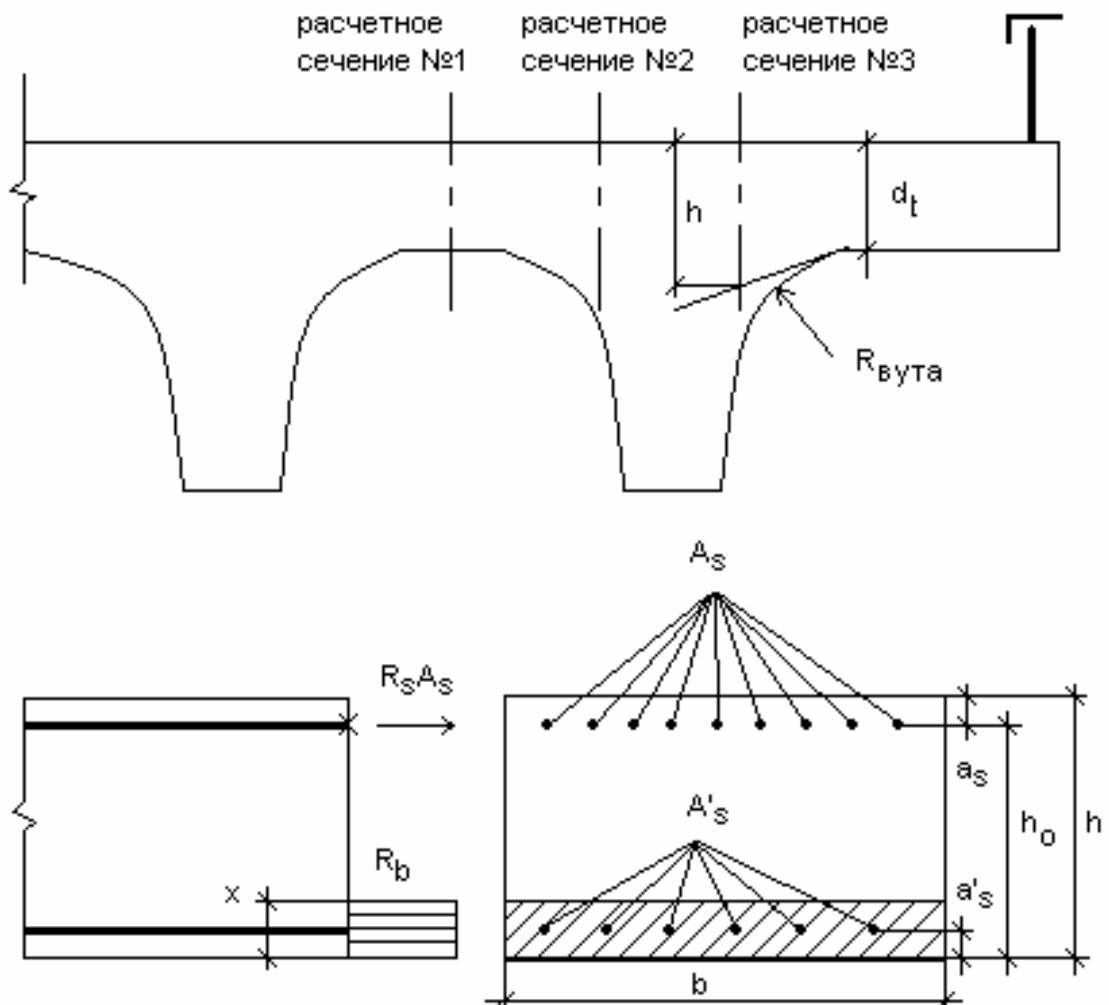


Рисунок 6 – Схема для определения предельного изгибающего момента, воспринимаемого плитой проезжей части

Расчетная высота сечения  $h$  в корне консоли при наличии прямолинейных вутов принимается равной фактической высоте сечения, а при сопряжении с криволинейными вутами радиусом  $R$  расчетную высоту сечения определяют по формуле:

$$h = d_t + 0,3 \cdot R, \quad (3)$$

где  $d_t$  – толщина плиты проезжей части.

Площадь поперечного сечения сжатой арматуры вводится в расчет в зависимости от высоты сжатой зоны бетона  $x$ , которую определяют из условия равенства нулю суммы проекции всех усилий на горизонтальную ось.

Первоначально определяют высоту сжатой зоны бетона:

1) с учетом сжатой арматуры

$$x_2 = R_s (A_s - A'_s) / R_b b; \quad (4)$$

2) без учета сжатой арматуры

$$x_1 = R_s A_s / R_b b. \quad (5)$$

Если  $x_2 \geq 2a'_s$ , то сжатая арматура учитывается полностью, а высота сжатой зоны  $x = x_2$ . Если  $x_2 \leq 2a'_s$ , но высота сжатой зоны бетона без учета сжатой арматуры  $x_1 \geq 2a'_s$ , то расчет на прочность допускается производить, используя условие:  $M_{пред} = R_s A_s (h_0 - a'_s)$ . При  $x_2 \leq 2a'_s$  сжатая арматура не учитывается ( $A'_s = 0$ ,  $x = x_1$ ).

Приведенные выше формулы справедливы для правильно армированных сечений, у которых относительная высота сжатой зоны бетона не превышает граничную относительную высоту, при которой еще происходит одновременное истощение несущей способности бетоном сжатой зоны и растянутой арматурой

$$\varepsilon = x / h_0 \leq \varepsilon_y, \quad (6)$$

где  $\varepsilon_y = \omega / [1 + R_s(1 - \omega)/1,1] / 500$ ,  $\omega = 0,85 - 0,008R_b$ .

Если условие (9) не выполняется (сечение «переармировано»), предельный изгибающий момент получают, подставляя в формулу (2) значения  $x = \varepsilon_y h_0$ .

Предельная поперечная сила, воспринимаемая плитой проезжей части, может быть определена так же, как для сечения, не имеющего поперечной арматуры, без учета усилия, воспринимаемого горизонтальной арматурой:

$$Q_{пред} = Q_b, \quad (7)$$

где  $Q_b = mR_{bt}bh_0$  – поперечная сила, передаваемая на бетон сжатой зоны,  $m = 1,3$  – коэффициент условий работы;  $R_{bt}$  – прочность бетона на растяжение, МПа.

Определение предельного изгибающего момента для главной балки в середине пролета начинают с приведения фактического сечения к расчетному (рис. 7). Приведенная толщина плиты  $h'_f$  определяется как частное от деления ее площади с учетом вух на ширину плиты  $b'_f$ :

$$h'_f = A'_f / b'_f, \quad (8)$$

где  $A'_f = b'_f d_t + 2R^2 (1 - \pi / 4)$ .

Высоту сжатой зоны определяют по формуле:

$$x = [R_s (A_s - A'_s) - R_b (b'_f - b)h'_f] / R_b b. \quad (9)$$

Также как и при расчете плиты проезжей части, максимальное значение  $x$  ограничено величиной  $\varepsilon_y h_0$  (формула (6)).

Если высота сжатой зоны бетона  $x$ , определенная по формуле (9), окажется меньше приведенной толщины плиты  $h'_f$  или будет отрицательной, то в этом случае следует принять  $b = b'_f$ , то есть рассчитывать сечение как прямоугольное, шириной  $b'_f$  (формулы (2) – (5)).

При  $x > h'_f$  предельный изгибающий момент в расчетном сечении главной балки:

$$M_{пред} = R_b bx(h_0 - 0,5x) + R_b (b'_f - b)h'_f(h_0 - 0,5h'_f) + R_s A'_s(h_0 - a'_s) \quad (10)$$

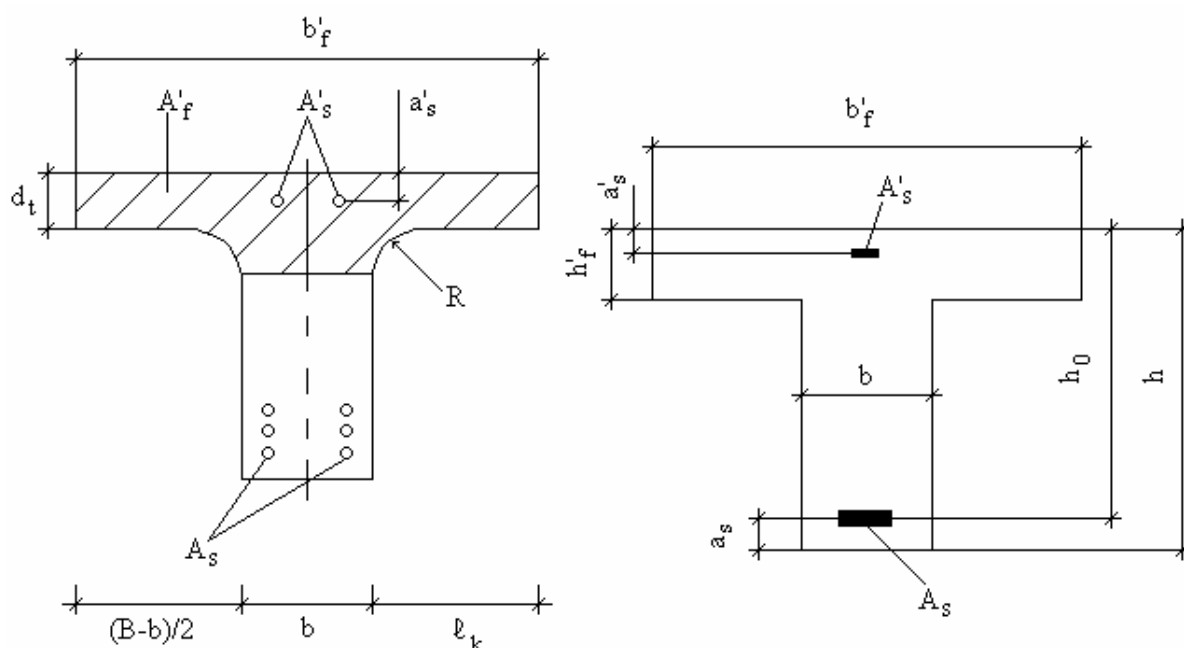


Рисунок 7 – Определение геометрических параметров расчетного сечения главной балки

Для определения предельных изгибающих моментов типовых главных балок можно воспользоваться данными соответствующих проектов.

Полученные значения предельных усилий  $M_{пред}$  и  $Q_{пред}$  следует выражать в тс.

### 2.2.3 Определение усилий от постоянных нагрузок в расчетных сечениях элементов пролетных строений

Расчетная схема плиты проезжей части зависит от конструктивных особенностей пролетного строения. При соотношении длин сторон плиты проезжей части  $L / \ell \leq 2$  ее рассматривают как опертую по контуру. Такие плиты рассчитывают на действие изгибающего момента в двух направлениях – вдоль  $M_L$  и поперек  $M_I$  продольной оси пролетного строения, а величину изгибающих моментов в расчетных сечениях определяют при помощи таблиц.

Основная масса железобетонных пролетных строений имеет соотношение  $L / \ell > 2$ . В этом случае плита пролетного строения работает на изгиб в направлении поперек оси моста, как неразрезная многопролетная балка, упирающаяся на упругие опоры (ребра). Для таких конструкций в качестве расчетной схемы плиты проезжей части принимают однопролетную балку или консоль. Для межреберных участков плиты изгибающие моменты определяют по моменту  $M_b$  в середине пролета разрезной однопролетной балки, умножая его на поправочные коэффициенты, учитывающие влияние защемление плиты в ребрах и податливость последних (таблица 1).

Таблица 1 – Поправочные коэффициенты для определения усилий в балочных плитах

Характеристика конструкции	Изгибающий момент		Поперечная сила на опоре
	в середине пролета	на опоре	
Толщина плиты менее $\frac{1}{4}$ высоты ребра	0,5	-0,7	1,0
То же, более $\frac{1}{4}$ высоты ребра	0,7	-0,7	1,0
Плита по металлическим балкам	1,0	-0,7	1,0

Изгибающий момент в однопролетной балке рассчитывают по формуле:

$$M_b = ql^2 / 8, \quad (11)$$

а для консольной балки –

$$M_b = ql_{н.(в.)}^2 / 2. \quad (12)$$

Расчетный изгибающий момент в плите от постоянной нагрузки

$$M_{пост}^{расч} = k \cdot M_b, \quad (13)$$

где  $k$  – поправочный коэффициент по таблице 1.

Расчетные поперечные силы от постоянных нагрузок:

1) для междурядного участка плиты:

$$Q_0 = ql / 2; \quad (14)$$

2) для консоли:

$$Q_0 = ql_{н.(в.)}. \quad (15)$$

Постоянная нагрузка  $q$  складывается из собственного веса плиты и веса слоев дорожной одежды. Подсчет постоянной нагрузки ведется в табличной форме (таблица 2).

**Таблица 2 – Расчет постоянной нагрузки, действующей на плиту проезжей части**

Вид нагрузки	Нормативная нагрузка на 1 м ширины плиты, тс/м	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка, тс/м
Асфальтобетон толщиной $\delta$ м, $\gamma = 2,3$ тс/м <sup>3</sup>	$\delta \cdot 2,3 \cdot 1$	1,2	$\delta \cdot 2,76$
Защитный слой из армированного бетона толщиной 4 см, $\gamma = 2,5$ тс/м <sup>3</sup>	$0,04 \cdot 2,5 \cdot 1 = 0,1$	1,2	0,12
Гидроизоляция толщиной 1 см, $\gamma = 1,5$ тс/м <sup>3</sup>	$0,01 \cdot 1,5 \cdot 1 = 0,015$	1,2	0,018
Выравнивающий слой толщиной 3 см, $\gamma = 2,1$ тс/м <sup>3</sup>	$0,03 \cdot 2,1 \cdot 1 = 0,063$	1,2	0,076
Железобетонная плита проезжей части толщиной $d$ м, $\gamma = 2,5$ тс/м <sup>3</sup>	$d \cdot 2,5 \cdot 1$	1,1	$d \cdot 2,75$
Итого	$q_n = \dots$		$q = \dots$

Если в процессе эксплуатации на мосту были уложены дополнительные слои асфальтобетона, следует учитывать увеличение постоянной нагрузки на величину

$$\Delta M_0 = \gamma_f \times \Delta h \times b_f \times \gamma \times L^2 / 8, \quad (16)$$

где  $\gamma_f$  – 1,2 - коэффициент надежности по нагрузке;  $\Delta h$  – толщина дополнительных слоев асфальтобетона;  $b_f$  – ширина балки, м;  $\gamma = 2,3$  – объемный вес асфальтобетона, тс/м<sup>3</sup>;  $L$  – расчетный пролет главной балки, м.

Постоянную нагрузку обычно равномерно распределяют между всеми балками.

## 2.2.4 Определение допустимых значений расчетных усилий

Плита проезжей части работает на местную сосредоточенную нагрузку (давление колеса), и ее несущую способность принято выражать через допустимую нагрузку на ось транспортного средства  $P_{a(k)}$ . При определении внутренних усилий в плите от давления колеса считают, что сосредоточенная нагрузка распределяется покрытием толщиной  $H$  (рис. 8) по площадке со сторонами:

$$a_1 = a_2 + 2H; b_1 = b_2 + 2H, \quad (17)$$

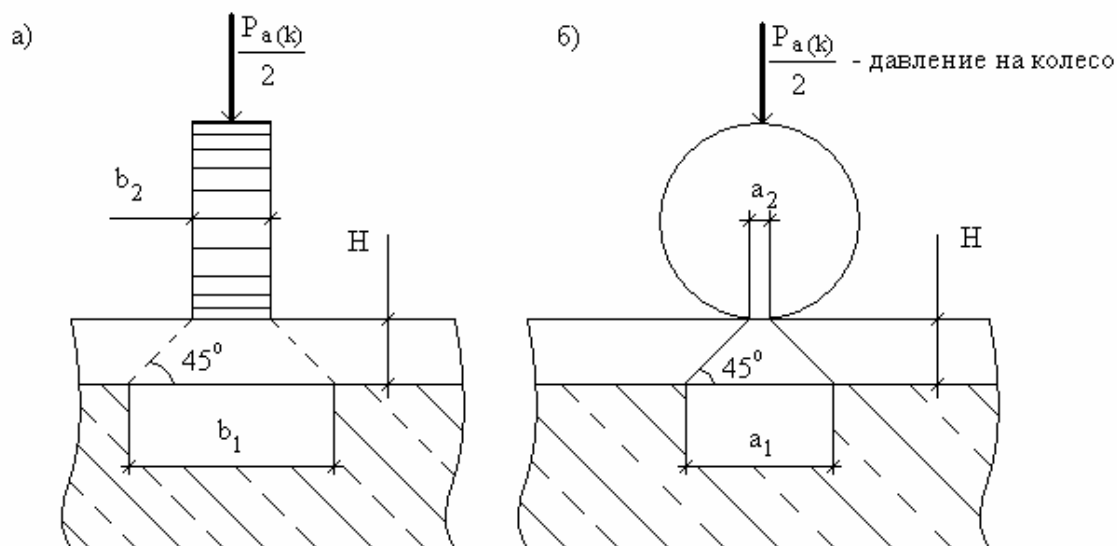


Рисунок 8 – Схема распределения нагрузки по плите проезжей части:  
 $a$  – в поперечном направлении;  $b$  – в продольном направлении

где  $a_2$ ,  $b_2$  – размеры зоны контакта плиты и покрышки автомобиля.

При расчете изгибающего момента в середине пролета балочной плиты ее рабочую ширину  $a$  или  $b$  принимают, как показано на рис. 9, следующей:

- 1) если на плите расположены один или несколько грузов и их рабочие разме-

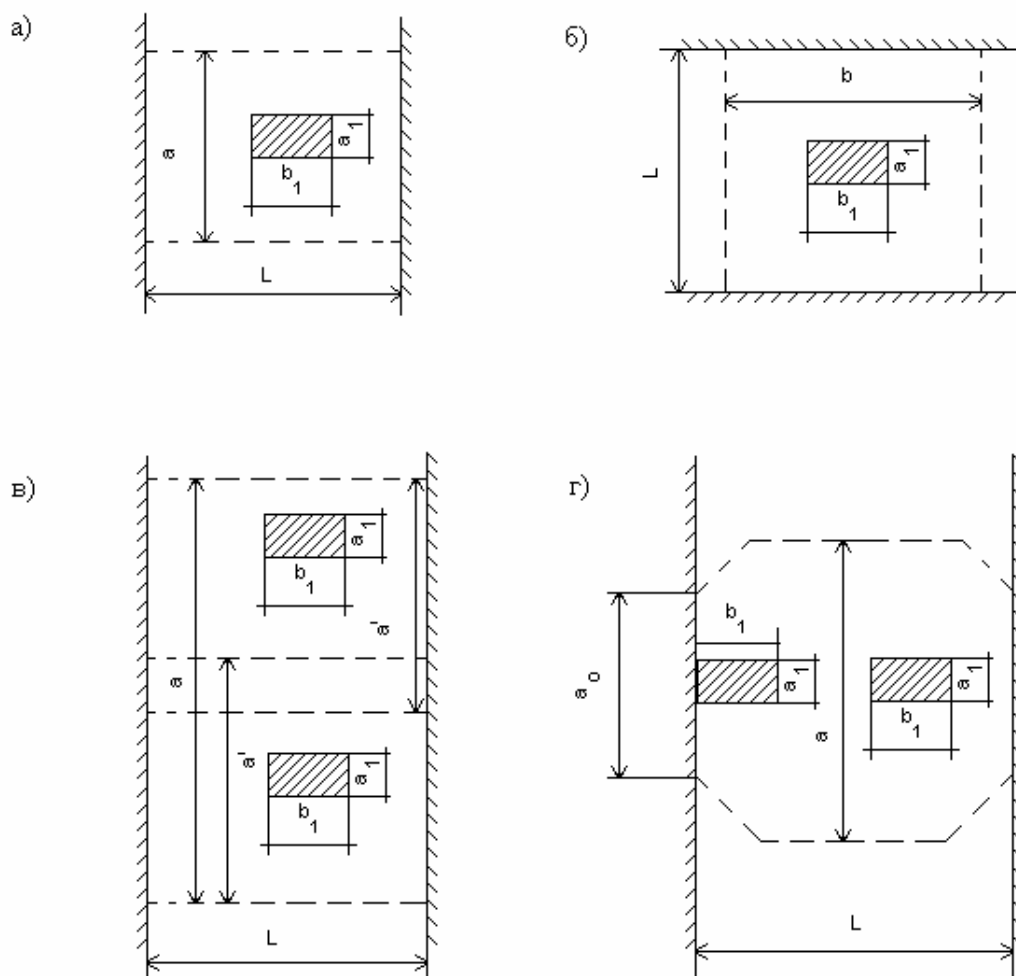


Рисунок 9 – Схема для определения рабочей ширины плиты

ры (по ширине) не перекрываются, то при работе плиты в поперечном направлении (рис. 9, а) с пролетом  $\ell$ :  $a = a_1 + \ell / 3$ , но не менее  $\frac{2}{3}\ell$ , а при работе плиты в продольном направлении с пролетом  $L$  (рис. 9, б):  $b = b_1 + L / 3$ , но не менее  $\frac{2}{3}L$ ;

- 2) если на плите расположено несколько грузов и их рабочие размеры (по ширине)  $a'$  перекрываются, то расчетную ширину  $a$  определяют в соответствии с рис. 9, в (при этом должно выполняться условие  $a \geq \frac{2}{3}\ell$ ); в расчетах принимается суммарный вес грузов.

Рабочую ширину консольной плиты с грузом на расстоянии  $c$  от корня консоли определяют для пролетных строений, запроектированных по нормам 1956 г. и позднее, по формуле:  $a = a_1 + 2c$ .

При расчете поперечной силы в опорном сечении рабочую ширину балочной плиты для каждого колеса принимают отдельно в зависимости от его расположения вдоль пролета  $\ell$  (рис. 9, г):  $a_0 = a_1$ , но не менее  $\ell / 3$ ;  $a = a_1 + \ell / 3$ , но не менее  $\frac{2}{3}\ell$ .

Для определения расчетного изгибающего момента определим величину нагрузки, равномерно распределенной по площади. Для одного колеса (рис. 9, а, б):  $q_a = P_{a(k)} / 2ab_1$  и  $q_b = P_{a(k)} / 2a_1b$ , где  $a, b, a_1, b_1$  – размеры рабочей площади плиты, м;  $P_{a(k)} / 2$  – давление на колесо, тс. Так как при расчете предельного изгибающего момента (формула (2)) принимали ширину плиты 1 м, величина равномерно распределенной по длине пролета плиты нагрузки будет  $q_a = P_{a(k)} / 2ab_1$  и  $q_b = P_{a(k)} / 2a_1b$ . Расчетный изгибающий момент:

$$[M]_{вр}^{расч} = k\gamma_f(1+\mu)P_{a(k)}(\ell - b_1/2)/8a, \quad (18)$$

где  $k$  – поправочный коэффициент (таблица 1);  $\gamma_f = 1,5$  – коэффициент надежности для временной нагрузки при расчете плиты проезжей части;  $(1+\mu)$  – динамический коэффициент, принимаемый равным:

- 1) для колесной нагрузки по схеме НК  $(1+\mu) = 1,3$  при  $\lambda \leq 1,0$  м и  $(1+\mu) = 1,1$  при  $\lambda \geq 5,0$  м (для промежуточных значений  $\lambda$  – по интерполяции);
- 2) для автомобильной нагрузки  $(1+\mu) = 1 + (45 - \lambda) / 135$ , где  $\lambda$  – расчетный пролет ( $\ell$  или  $L$ ) плиты проезжей части. При наличии в проезжей части дефектов, влияющих на динамическое воздействие транспортных средств, величина  $(1+\mu)$  принимается в соответствии с рекомендациями приложения Б.

С другой стороны, расчетный изгибающий момент от временной нагрузки определяется по формуле (1):

$$[M]_{вр}^{расч} = M_{пред} - M_{пост}^{расч}, \quad (19)$$

где  $M_{пред}$  определяется по формуле (2), а  $M_{пост}^{расч}$  – по формуле (13).

Используя формулы (18) и (19), получаем выражение для определения допустимой нагрузки на ось эталонного автомобиля

$$P_{a(k)} = 8a(M_{пред} - M_{пост}^{расч}) / k\gamma_f(1+\mu)(\ell - b_1/2), \quad (20)$$

где  $P_{a(k)}$  – допустимая нагрузка на ось, тс.

При расчете главных балок на временную нагрузку выделяют одну наиболее нагруженную балку, а также балки с дефектами, снижающими грузоподъемность. Расчет ведется на одну полосу нагрузки, но с умножением на коэффициент поперечной установки (КПУ), учитывающий долю участия данной балки в восприятии всей действующей на пролетное строение нагрузки. Определение КПУ удобно производить при помощи линии влияния давления на данную балку.

Способ построения линии влияния давления следует выбирать в зависимости от типа поперечного сечения. Метод внецентренного сжатия рассматривает поперечное сечение пролетного строения как абсолютно жесткий диск (поверхность проезда, плоская до

приложения нагрузки, остается такой и после нагружения). Тогда для балок с одинаковыми поперечными размерами уравнение линии влияния давления примет вид:

$$y_i = 1/n + x a_j / \sum a_i^2, \quad (21)$$

где  $n$  – количество главных балок;  $a_i$  – расстояние от оси пролетного строения до осей балок;  $a_j$  – расстояние от оси пролетного строения до оси рассчитываемой балки. Величины  $x$  и  $a_j$  принимают со своим знаком.

Метод внецентренного сжатия следует считать приближенным, потому что он не учитывает реальной продольной и поперечной жесткости пролетного строения и жесткости на кручение. Но для пролетных строений, в которых главные балки объединены достаточно жесткими поперечными балками или диафрагмами, а также для бездиафрагменных пролетных строений, в которых отношение ширины к пролету не превышает 0,5, этот метод дает вполне удовлетворительные результаты.

После определения КПУ загружаем линии влияния искомым усилием расчетными нагрузками. Следует учесть, что при расчетной длине пролета более 21,6 м на пролетном строении по длине может быть расположено больше, чем один эталонный автомобиль.

Величину изгибающего момента в середине пролета главной балки, также как и при расчете плиты проезжей части, находят в долях нагрузки на ось  $P_{a(k)}$ . Для эталонной автомобильной (или колесной) нагрузки

$$[M]_{\text{вп}}^{\text{расч}} = \text{КПУ} (1 + \mu) \gamma_f \left( \sum P_{a(k)} Y_i^{\text{л.в.}} \right), \quad (22)$$

где  $\gamma_f$  – коэффициент надежности по нагрузке при расчете главных балок  $\gamma_f = 1,5$  при длине нагружения линии влияния  $\lambda = 0$  и  $\gamma_f = 1,2$  – при  $\lambda \geq 30$  м, для промежуточных значений  $\lambda$  коэффициент надежности принимается по интерполяции;  $(1 + \mu)$  – динамический коэффициент, принимаемый равным 1,1 для колесной нагрузки по схеме НК (при  $\lambda \geq 5$  м), а для автомобильной нагрузки по формуле  $(1 + \mu) = 1 + (45 - \lambda) / 135$ ; при наличии дефектов, влияющих на динамическое воздействие транспортных средств, величина  $(1 + \mu)$  принимается в соответствии с рекомендациями приложения Б.

Формулу (22) можно записать в виде:

$$[M]_{\text{вп}}^{\text{расч}} = K_{a(k)} P_{a(k)}. \quad (23)$$

Учитывая формулу (1), наибольшая допустимая нагрузка на ось автомобиля (тележки НК) принимает вид:

$$P_{a(k)} = (M_{\text{пред}} - M_{\text{пост}}^{\text{расч}}) / K_{a(k)}. \quad (24)$$

## 2.2.5 Выбор режима эксплуатации

По результатам расчета грузоподъемности делается вывод о том, какие нагрузки могут быть пропущены по мосту и как организовать движение на период до выполнения ремонтных работ.

Если несущая способность элементов моста недостаточна, следует решить вопрос о принятии необходимых мер по ремонту, усилению или реконструкции сооружения. При наличии дефектов проезжей части, приводящих к повышению динамики, первоочередными мерами будут устранение наплывов, волн, порожков и заделка выбоин и ям.

На период до ремонта (усиления) конструкции необходимо установить регулирование режима движения транспорта по мосту при помощи соответствующих дорожных знаков по ГОСТ 10807-78:

- 1) ограничения массы (знак 3.11), если определяющими по грузоподъемности являются основные несущие элементы;

- 2) ограничения нагрузки на ось (знак 3.12), если определяющими по грузоподъемности являются элементы мостового полотна;
- 3) ограничения максимальной скорости движения автомобилей (знак 3.24), если это необходимо по состоянию покрытия, деформационных швов, узлов сопряжения моста с насыпями; при отсутствии дефектов проезжей части для определения скорости проезда при недостаточной грузоподъемности можно считать, что при скорости движения 60 км/ч и выше динамический коэффициент равен своему расчетному значению, а при ограничении скорости до 10 км/ч –  $1 + \mu = 1$ ;
- 4) запрещения движения отдельных видов транспортных средств (знаки 3.4 и 3.6);
- 5) ограничения минимальной дистанции между автомобилями (знак 3.16).

Все легковые автомобили, грузовые – грузоподъемностью не более 4 т, автобусы вместимостью до 50 человек и любые машины общим весом до 10 т могут быть пропущены по мосту, если только он не находится в аварийном состоянии, при котором пропуск любых нагрузок не допускается или ограничен.

Если габаритные и весовые параметры транспортного средства превышают нормативные или допустимые по техническому состоянию показатели данного сооружения, то эти транспортные средства относятся к сверхнормативным нагрузкам. При необходимости пропуска по мосту таких нагрузок предварительно должны быть выполнены обследование моста и определение его фактической грузоподъемности.

Разрешение на пропуск сверхнормативной нагрузки дает владелец моста. При недостаточной грузоподъемности следует или выполнить усиление конструкций моста, или изменить расчетную схему транспортного средства и порядок его следования по мосту (скорость движения, разметка осевых линий). При проезде сверхнормативного транспортного средства наличие на мосту других транспортных средств не допускается. После прохождения нагрузки производится осмотр с целью выявления деформаций сооружения.

### **2.3 Рекомендации по назначению ремонтных работ**

На данном этапе производится выбор наиболее рациональных способов ремонта моста. Наиболее часто встречающиеся на автодорожных мостах неисправности (по результатам сплошного обследования и паспортизации автодорожных мостов Новосибирской области [15]) и рекомендуемые виды ремонтных работ сведены в таблице 3.

**Таблица 3 – Рекомендуемые виды работ по содержанию железобетонных мостов**

Виды неисправностей	Ремонтные работы
<b>1. Мостовое полотно</b>	
<b>1.1. Покрытие проезжей части</b>	
Загрязнение проезжей части.	Очистка вручную или очистка механической щеткой.
Трещины в покрытии.	Заливка трещин битумом или ремонт резинобитумной мастикой.
Выбоины, волны, вспучивания, колеиность, местные понижения.	Ямочный ремонт с разломкой или без разломки одежды ездового полотна.
Толщина покрытия превышает допустимую.	Капитальный ремонт с заменой существующего покрытия.
Недостаточные продольные и поперечные уклоны, значительная дефектность.	Капитальный ремонт с укладкой нового дополнительного слоя.



**Продолжение таблицы 3**

1.2. Деформационные швы (заполненного и закрытого типов)	
Коррозия или повреждение компенсаторов, течь через деформационный шов, провал компенсаторов и покрытия над швом.	Замена конструкции деформационного шва.
Образование бугров в покрытии над швом, разрушение покрытия над швом.	Ямочный ремонт с разборкой покрытия.
1.3. Гидроизоляция и водоотвод	
Заиливание или замусоривание водоотводных лотков и водоотводных трубок, загрязнение водоотводящих проемов.	Очистка водой из шланга под давлением.
Водоотводные трубки сломаны, имеют недостаточную длину или не поставлены, отверстия для водоотводных трубок заасфальтированы.	Установка новых водоотводных трубок в соответствии с требованиями нормативных документов.
Не заделаны отверстия вокруг водоотводных трубок.	Заделка отверстий полимерцементным раствором.
Подтекание воды с проезжей части под тротуарные блоки.	Улучшение гидроизоляционных свойств одежды в месте сопряжения с тротуарными блоками (устройство вдоль тротуаров штрабы с заполнением мастикой).
Нарушение гидроизоляции, промокание плиты проезжей части (более 10% поверхности).	Ремонт гидроизоляции при капитальном ремонте проезжей части с разборкой покрытия.
1.4. Ограждение проезжей части	
Нарушение окраски, отсутствие вертикальной разметки.	Окраска поверхности.
Разрушение бетона ограждений, сколы, трещины.	Заделка дефектной поверхности полимерцементным раствором.
Недостаточная высота ограждений.	Наращивание ограждений в высоту (устройство комбинированного или барьерного ограждения).
Отсутствие ограждения или полное его разрушение.	Установка барьерного ограждения.
1.5. Тротуары и перила	
Повреждение или отсутствие элементов перильного ограждения, разрывы ограждения.	Восстановление элементов перильного ограждения.
Ненадежная анкеровка стоек перил, сломанные стойки.	Восстановление крепления стоек.
Незаделанные швы между тротуарными блоками.	Расшивка швов между блоками цементно-песчаным раствором.
Проломы в тротуарных блоках, полное разрушение колесоотбойной грани тротуарного блока, смещение или крен.	Установка новых тротуарных блоков.
Разрушение бетона проходной части, отслоение защитного слоя с коррозией арматуры тротуарных блоков.	Устроить цементно-песчаную стяжку с обмазкой гидрофобизирующими составами.
2. Подходы, сопряжения с мостом, подмостовая зона	
Отсутствие или недостаточная длина ограждений на подходах, ограждения установлены не в створе с ограждением на мосту.	Устройство ограждений в соответствии с требованиями ВСН 24-88.

### Продолжение таблицы 3

Волны, незначительные порошки при въезде на мост, переломы профиля.	Выравнивание профиля проезжей части за счет укладки дополнительных слоев одежды.
Провалы при въезде на мост, значительные переломы профиля.	Перекладка переходных плит.
Крутизна откосов более нормируемой, неспланированные откосы, оползни, промоины.	Досыпка грунта и планировка откосов.
Отсутствие укреплений конусов.	Мощение конусов камнем, бетонной плиткой или монолитным бетоном.
Разрушение швов в мощении конусов, просачивание воды под мощение.	Расшивка швов между плитами цементно-песчаным раствором.
Кустарник и трава на откосах конусов, наносы грязи.	Прополка и очистка.
Отсутствие упора в укреплении конуса, подмыв упора и его деформация.	Установка упора.
Заросшее кустарником подмостовое русло, посторонние предметы в русле.	Расчистка русла для предотвращения размывов.
Локальные размывы берега или регулиционных сооружений.	Засыпка промоин грунтом или камнем.
<b>3. Железобетонные пролетные строения</b>	
<b>3.1. Главные балки и железобетонная плита проезжей части</b>	
Отсутствие или недостаточный защитный слой, усадочные трещины (как правило, хаотичные), выщелачивание цементного камня в результате обводнения.	Очистка поверхности от грязи, пыли, продуктов выщелачивания и цементной пленки и нанесение защитных пленочных покрытий
Неглубокие раковины и сколы в бетоне, морозное разрушение бетона на небольших участках.	Очистка поверхности и затирка полимерцементным раствором.
Глубокие локальные повреждения (раковины и сколы) с обнажением арматуры.	Заделка полимербетоном в опалубке.
Трещины, не изменяющие свое раскрытие, трещины вдоль рабочей арматуры.	Разделка трещин на клин и герметизация жестким полимерцементным раствором.
Трещины в растянутой зоне, изменяющие свое раскрытие под нагрузкой.	Герметизация трещины с использованием специальных эластичных герметиков.
Трещины в сжатой зоне бетона, трещины, отделяющие плиту от балки, и другие трещины, снижающие выносливость арматуры.	Глубинное инъектирование в трещину эпоксидных (или других клеевых) составов или прочностная поверхностная герметизация путем наклейки пластины из стеклопластика или металла.
Трещины и разрушение бетона на торцевом и приопорном участке.	Предварительно устраняются причины развития неисправности: течь через деформационный шов или отсутствие опорных частей. Затем выполняется ремонт узла опирания: удаление разрушенного бетона; постановка на нижней поверхности ребра швеллера; омоноличивание узла полимербетоном.
Промокание конструкций, отслоение защитного слоя.	Устранение причин обводнения: ремонт гидроизоляции или реорганизация водоотвода.

**Продолжение таблицы 3**

3.2. Диафрагмы, объединение конструкций по плите	
Диафрагмы не объединены между собой; расстройство шва омоноличивания диафрагм с образованием трещин до 2-3 см.	Ремонт узла объединения путем приварки металлических накладок к закладным деталям и постановки тяжей, стягивающих ребра соседних балок.
Разрывы стержней арматуры в стыке или нарушение сварки, неудовлетворительное омоноличивание стыка (пустоты и раковины).	Восстановление целостности стержней и омоноличивание при помощи полимербетона.
3.3. Опорные части	
Перекося или смещение опорных частей.	Выправка положения.
Отсутствие окраски, коррозия и загрязнение рабочих поверхностей металлических опорных частей.	Очистка от грязи и продуктов коррозии, окраска нерабочих поверхностей и натирка графитом рабочих поверхностей.
Трещины длиной более 4 см и глубиной более 4 мм в полимерных опорных частях.	Замена опорных частей.
4. Опоры	
Глубокие трещины с раскрытием более 1 мм и сквозные, пустоты и раковины в теле опор.	Цементация: пробуривание скважин в теле массивной опоры, промывка водой под давлением; инъектирование цементным тестом.
Истирание поверхности опор с образованием каверн, раковин и обнажением арматуры; разрушение наружных слоев по всей поверхности опоры.	Устройство защитной железобетонной «рубашки» - обоймы.
Силовые трещины в ригеле стоечной опоры.	Развитие сечения ригеля путем приварки дополнительной арматуры к арматурному каркасу конструкции и омоноличивания.

### 3 ИНФОРМАЦИОННО-РАСЧЕТНАЯ СИСТЕМА «МОСТ-РЕМОНТ»

#### 3.1 Структура базы данных

База данных ИРС «МОСТ-РЕМОНТ» состоит из 15 взаимосвязанных таблиц. Ее структура представлена на рис. 10.

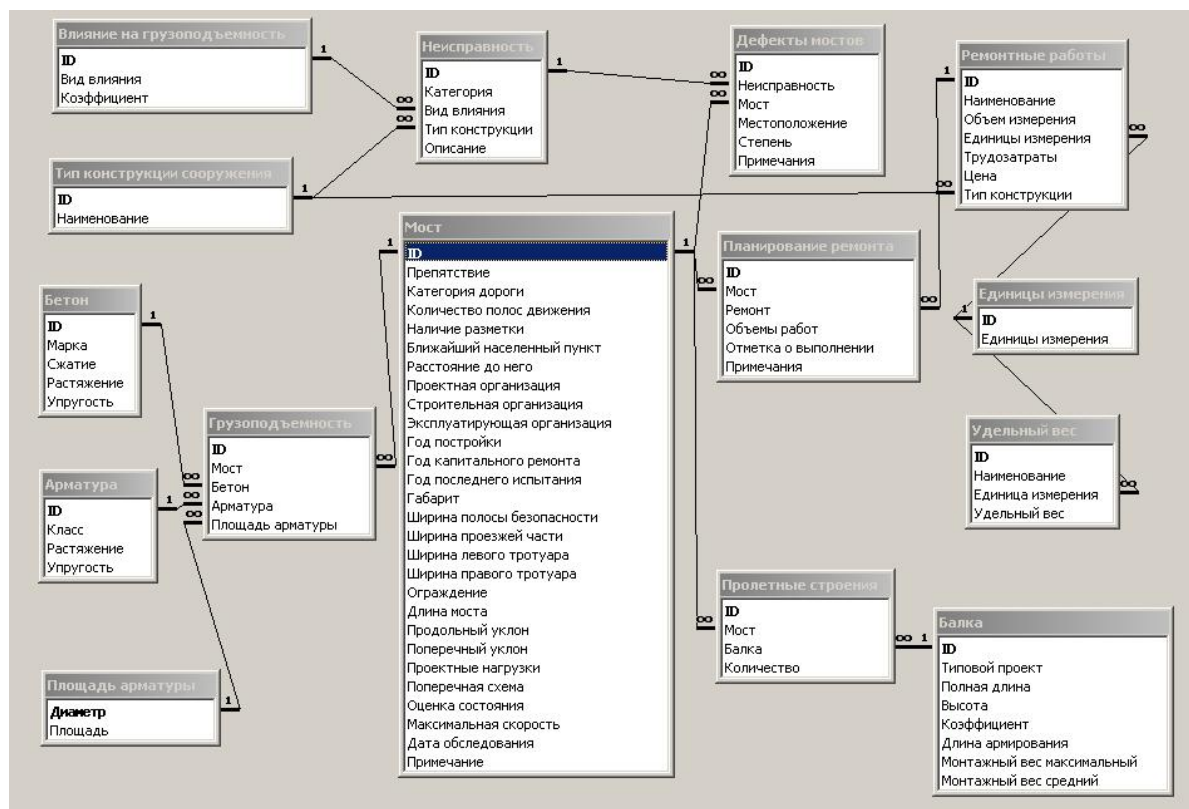


Рисунок 10 – Структура базы данных ИРС «МОСТ-РЕМОНТ»

Главная таблица – «Мост», но кроме нее основными являются таблицы «Балка», «Пролетные строения», «Неисправность», «Дефекты мостов», «Ремонтные работы» и «Назначение ремонта». Остальные – справочные, в них хранится информация, необходимая для проведения расчетов и заполнения полей основных таблиц БД.

Таблица «Мост» (таблица 4) содержит как справочную информацию об искусственном сооружении, так и необходимые данные для проведения расчетов.

Таблица 4 – «Мост»

№ п/п	Наименование поля	Описание
1	ID	Первичный ключ
2	PREP	Пересекаемое препятствие
3	ROADCAT	Категория дороги
4	POLOSI	Наличие полосы безопасности
5	RAZM	Наличие разметки
6	NASPUNKT	Ближайший населенный пункт
7	RASST	Расстояние до него
8	PRORG	Проектная организация
9	STRORG	Строительная организация
10	EKSORG	Эксплуатирующая организация

**Продолжение таблицы 4**

11	GODP	Год постройки
12	GODR	Год реконструкции (капитального ремонта)
13	GODISP	Год последнего испытания
14	GABARIT	Габарит моста
15	WPOLBEZ	Ширина полосы безопасности
16	WPRCH	Ширина проезжей части
17	LEVTROR	Ширина левого тротуара
18	PRAVTROR	Ширина правого тротуара
19	OGRAHA	Наличие ограждения
20	DLINA	Длина моста
21	PRODUKL	Продольный уклон
22	POPUKL	Поперечный уклон
23	PRNAGR	Проектные нагрузки
24	POPSHEM	Поперечная схема
25	SOST	Оценка технического состояния
26	MAXSPEED	Максимальная скорость
27	DATAOBS	Дата последнего обследования
28	PRIM	Примечания

Второй по важности для работы приложения является таблица «Балка» (таблица 5), которая содержит основные характеристики пролетных строений, используемых при строительстве мостового сооружения. Данные берутся из журналов типовых конструкций, собираемых государственными органами специально для строительных организаций и учебных заведений.

**Таблица 5 – «Балка»**

№ п/п	Наименование поля	Описание
1	ID	Первичный ключ
2	TIPPR	Типовой проект
3	LN	Расчетная длина
4	H	Полная высота
5	HPL	Толщина плиты
6	DK	Величина свеса
7	PKB	Максимальный монтажный вес
8	PAB	Монтажный вес средний
9	GODIZG	Год изготовления

Так как для строительства мостового сооружения может быть использовано несколько типов пролетных строений, причем разного количества, была создана таблица «Пролетные строения» (таблица 6).

**Таблица 6 – «Пролетные строения»**

№ п/п	Наименование поля	Описание
1	ID	Первичный ключ
2	MOST	Идентификатор моста, внешний ключ
3	BALKA	Идентификатор пролетного строения, внешний ключ
4	KOL	Количества балок данного типа

Не менее важной, чем таблица «Балка», является таблица «Неисправность» (таблица 7). Она хранит информацию о дефектах мостовых сооружений. Данные заносятся в соответствии с рекомендациями нормативных документов [8] и на основе анализа состояния искусственных сооружений на дорогах.

**Таблица 7 – «Неисправность»**

№ п/п	Наименование поля	Описание
1	ID	Первичный ключ
2	CATEGORY	Категория неисправности по ВСН
3	OPIS	Наименование
4	TIP_KONSTR	Тип конструкции сооружения, внешний ключ
5	VLIYANIE	Вид влияния на грузоподъемность, внешний ключ

Таблица «Дефекты мостов» (таблица 8) содержит список неисправностей конкретного мостового сооружения и уточняющую информацию по каждой неисправности.

**Таблица 8 – «Дефекты мостов»**

№ п/п	Наименование поля	Описание
1	ID	Первичный ключ
2	NEISPR	Идентификатор дефекта, внешний ключ
3	MOST	Идентификатор моста, внешний ключ
4	MESTO	Местоположение неисправности
5	STEPEN	Степень развития
6	PRIM	Дополнительная информация

Для оценки степени износа моста и проведения необходимого ремонта были созданы таблицы «Ремонтные работы» и «Назначение ремонта». Первая (таблица 9) содержит информацию о видах, стоимости, нормах проведения ремонтных работ.

**Таблица 9 – «Ремонтные работы»**

№ п/п	Наименование поля	Описание
1	ID	Первичный ключ
2	NAIM	Наименование вида работ
3	VIZM	Объем измерения
4	EDIZM	Идентификатор единицы измерения, внешний ключ
5	TRUD	Трудозатраты
6	PRICE	Нормативная стоимость
7	TIP_KONSTR	Идентификатор типа конструкции, внешний ключ

Таблица «Назначение ремонта» (таблица 10) обеспечивает выбор ремонтных работ для мостового сооружения. Кроме того, в ней может храниться информация об уже произведенных работах.

**Таблица 10 – «Назначение ремонта»**

№ п/п	Наименование поля	Описание
1	ID	Первичный ключ
2	MOST	Идентификатор моста, внешний ключ
3	REMONT	Идентификатор вида работ, внешний ключ
4	V	Необходимый объем работ
5	OTMETKA	Отметка о выполнении
6	PRIM	Дополнительная информация

Структура дополнительных таблиц хорошо видна на рис. 10.

### **3.2 Функциональные возможности системы**

ИРС «Мост-Ремонт» создавалась для автоматизации процессов технического учета и оценки состояния автодорожных мостов, проведения расчета грузоподъемности. Анализ

имеющихся программных средств и изучение предметной области выявили два направления работы для достижения поставленных целей:

- 1) создание системы сбора, обработки и хранения информации об искусственных сооружениях на дорогах;
- 2) разработка системы для проведения расчета грузоподъемности.

Таким образом, из программы выделились информационная и расчетная подсистемы, каждая из которых обладает своими возможностями, но отдельное их развитие не позволит достичь требуемого уровня автоматизации.

### 3.2.1 Информационная подсистема

Первостепенной и главенствующей из двух подсистем является информационная. Она позволяет собирать, обрабатывать и хранить данные о мостовых сооружениях, пролетных строениях, видах ремонтных работ, неисправностях, а также информацию справочного характера: характеристики материалов, типов конструкций сооружений, единиц измерения.

При загрузке приложения появляется главная форма (рис. 11), которая состоит из

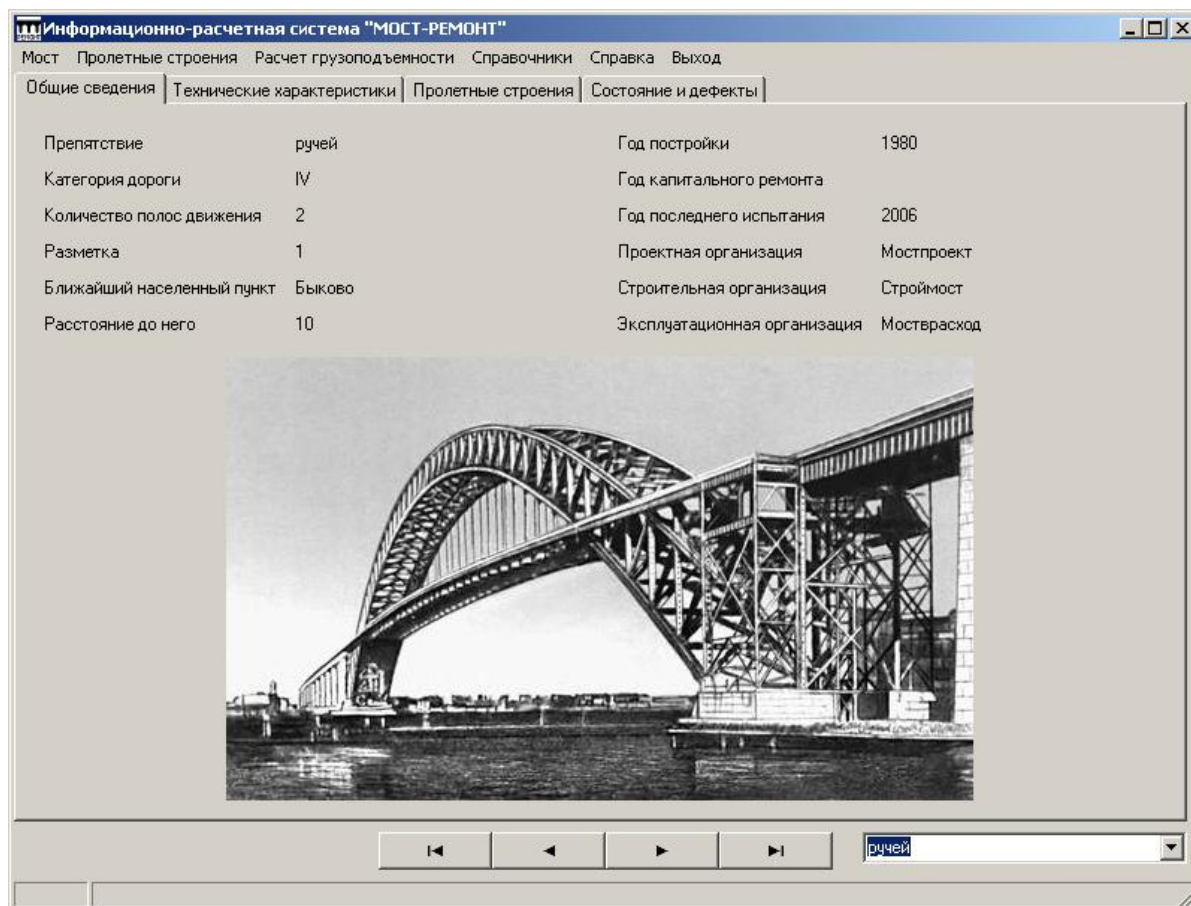


Рисунок 11 – Главная форма ИРС «МОСТ-РЕМОНТ»

нескольких компонентов: главного меню, панели просмотра информации о мостовом сооружении, панели переключения, списка выбора и строки состояния.

Главное меню приложения состоит из 6 пунктов (рис. 12).

Мост Пролетные строения Расчет грузоподъемности Справочники Справка Выход

Рисунок 12 – Главное меню приложения

При выборе пункта «Выход» появляется окно для подтверждения выбора (рис. 13), чтобы пользователь случайно не закрыл приложение, потеряв важную информацию.

Пункт «Справка» содержит информацию об авторе программы, а также позволяет запустить справочную систему приложения.

При выборе пункта меню «Расчет грузоподъемности» происходит переход на форму расчетной подсистемы, которая описана в п.3.2.2.

Через пункт «Пролетные строения» осуществляется добавление, редактирование или удаление пролетных строений. Добавление и редактирование происходит в отдельной форме (рис.14). Пользователю необходимо заполнить все поля формы или изменить их,

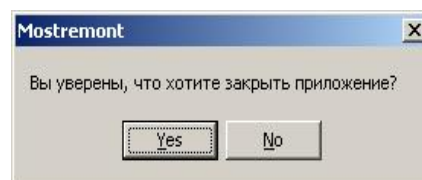


Рисунок 13 – Подтверждение закрытия приложения

Рисунок 14 – Форма «Пролетные строения»

после нажатия кнопки «Добавить» («Изменить») информация заносится в БД и происходит переход на главную форму приложения.

Пункт меню «Справочники» содержит 9 подпунктов (рис. 15), при выборе каждого из которых открывается форма соответствующей справочной таблицы. Например, на рис. 16 показана форма «Характеристики бетона». На ней располагается всего 2 компонента, но этого вполне достаточно, чтобы редактировать, добавлять или удалять информацию. Это возможно благодаря использованию технологии быстрого доступа к БД интегрированной среды разработки Borland Delphi, которая использует компоненты типа TIBTable, TDBGrid, TDataSource, TIBDatabase и TDBNavigator. Их применение широко описано в специальной литературе [17].

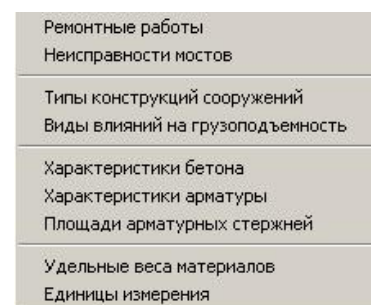


Рисунок 15 – Пункт меню «Справочники»



Расчетные сопротивления и модули упругости бетона			
Марка бетона	Сопротивление осевому сжатию	Сопротивление осевому растяжению	Модуль упругости
B20 (M275)	105	8,5	275000
B25 (M325)	135	10	306000
B30 (M400)	160	11	332000
B40 (M500)	205	13	360000
B45 (M550)	225	13,5	382000
B50 (M600)	255	14	398000

Рисунок 16 – Форма «Характеристики бетона»

Все остальные формы справочных таблиц из пункта меню «Справочники» имеют подобную структуру. Различия лишь в содержании таблицы, которую отображает компонент TDBGrid.

Первый и самый главный для работы программы пункт меню «Мост» содержит 9 подпунктов (рис. 17). Они разделены на 3 группы по своему функциональному значению. Первая группа – для работы с таблицей «Мост» – позволяет добавлять, редактировать или удалять записи из БД. При выборе «Удалить запись» происходит удаление текущей записи из таблицы.

Добавить мост
Редактировать запись
Удалить запись
Состав (пролетные строения)
Дефекты мостов
Назначение ремонта
Дефектная ведомость
Результаты расчетов
Стоимость ремонтных работ

Рисунок 17 – Пункт меню «Мост»

Форма «Мостовые сооружения» (рис. 18) выводится

Добавление мостового сооружения	
<b>Общие сведения</b>	
Пересекаемое препятствие	р. Томь
Категория дороги	IV
Кол-во полос движения	4
Наличие разметки	<input checked="" type="radio"/> есть <input type="radio"/> нет
Ближайший нас. пункт	Кемерово
Расстояние до него	0
Год постройки	2006
Год капремонта	
Год последнего испытания	2007
Проектная организация	БриджПроект
Строительная организация	СтройМост
Эксплуатирующая организация	МОСТик
<b>Состояние сооружения</b>	
Оценка состояния	4
Дата обследования	10.07.2007
Максимальная скорость	90
<b>Технические характеристики</b>	
Габарит моста	14,5
Ширина проезжей части, м	19
Ширина левого тротуара, м	1,5
Ширина правого тротуара, м	1,5
Ширина полосы безопасности, м	1,5
Длина моста, м	850
Наличие ограждения	<input checked="" type="radio"/> есть <input type="radio"/> нет
Продольный уклон	0,02
Поперечный уклон	0,02
Поперечная схема	2+2,5+5+2,5+2
Проектные нагрузки	A-11 и НК-80
<b>Примечания :</b>	
один из лучших мостов региона	
<div>Добавить</div> <div>Отмена</div>	

Рисунок 18 – Форма «Добавление мостового сооружения»

при нажатии «Добавить мост» или «Редактировать запись». Для добавления нового сооружения необходимо заполнить все поля формы и нажать кнопку «Добавить». При редактировании записи все поля автоматически заполняются текущими значениями. Название формы изменяется на «Редактирование мостового сооружения», надпись на кнопке – «Изменить».

Вторая группа пункта меню «Мост» позволяет:

- 1) внести изменения в состав поперечного сечения мостового сооружения путем изменения количества пролетных строений (подпункт «Состав»);
- 2) добавить или удалить неисправности мостового сооружения (подпункт «Дефекты мостов»);
- 3) назначить ремонтные мероприятия или отметить уже проведенные (подпункт «Назначение ремонта»).

Панель просмотра информации о мостовом сооружении состоит из 4 закладок: «Общие сведения», «Технические характеристики», «Пролетные строения» и «Состояние и дефекты», что соответствует требованиям нормативных документов к ведению учета за состоянием искусственных сооружений на дорогах.

Общие сведения		Технические характеристики		Пролетные строения		Состояние и дефекты	
Препятствие	ручей	Год постройки	1980				
Категория дороги	IV	Год капитального ремонта					
Количество полос движения	2	Год последнего испытания	2006				
Разметка	1	Проектная организация	Мостпроект				
Ближайший населенный пункт	Быково	Строительная организация	Строймост				
Расстояние до него	10	Эксплуатационная организация	Мостврасход				




Рисунок 19 – Закладка «Общие сведения» информационной подсистемы

На закладке «Общие сведения» (рис. 19) имеется возможность добавить фотографию мостового сооружения. Если у текущего сооружения нет фотографии, то вместо нее будет выведено сообщение (тоже в графическом формате) – «Загрузите фотографию».

Закладка «Технические характеристики» также предусматривает добавление графического изображения – схемы моста. На закладке «Пролетные строения» выводится информация по каждому пролетному строению, входящему в схему поперечного сечения сооружения, которая komponуется из типовых балок. На последней закладке «Состояние и дефекты» представлена оценка технического состояния сооружения на дату последнего обследования с перечнем всех его неисправностей. В графе «Примечания» пользователь может ввести замечания, параметры для расчета мостового сооружения на прочность и другую дополнительную информацию. Стоит заметить, что это графа – единственная доступная для редактирования на главной форме приложения. Остальные данные доступны

только для просмотра. Изменение и добавление новых мостовых сооружений описано выше.

Панель переключения (рис. 20) позволяет перемещаться между записями в БД. Для



Рисунок 20 – Панель переключения главной формы приложения

ускорения процесса и для удобства пользователя имеется возможность выбора мостового сооружения из списка.

Информационная подсистема ИРС «Мост-Ремонт» позволяет быстро и удобно вносить новые искусственные сооружения и всю связанную с ними информацию. Также она максимально защищена от неосторожных действий неопытных пользователей, что не позволит им внести критические изменения в структуру данных БД.

### 3.2.2 Расчетная подсистема

Для перехода к расчетной подсистеме приложения необходимо выбрать пункт главного меню «Расчет грузоподъемности». На открывшейся форме (рис. 21) размещены

Вид нагрузки		Величина нагрузки		
		Нормативное значение, тс/м	Коэффициент надежности	Расчетное значение
Асфальтобетон толщиной	0,07 м (2,3 тс/куб м)	0,161	1,5	0,2415
Защитный слой толщиной	0,04 м (2,5 тс/куб м)	0,1	1,3	0,13
Гидроизоляция толщиной	0,01 м (1,5 тс/куб м)	0,015	1,3	0,0195
Выравнивающий слой	0,03 м (2,1 тс/куб м)	0,063	1,3	0,0819
Ж/б плита толщиной	0,15 м (2,5 тс/куб м)	0,375	1,1	0,4125
<b>ИТОГО</b>		0,714		<b>0,8854</b>

Исходные данные:

Расчетный пролет  $l =$  12,7

Поправочный коэффициент  $k =$  1

Расчетный изгибающий момент  $M =$  17,85077075

Расчетная поперечная сила  $Q =$  5,62229

Балка:

☒ однопролетная

☐ консольная

РАСЧЕТ

Быково

Союздорстрой инв №710/5

ВЫХОД

Рисунок 21 – Форма «Расчет грузоподъемности» - расчетная подсистема программы

кнопка «Выход», списки для выбора моста и пролетного строения и 4 закладки:

- 1) «Постоянная нагрузка»;
- 2) «Предельный изгибающий момент»;
- 3) «Линия влияния давления и КПУ»;

#### 4) «Изгибающие моменты».

Первая закладка (выбрана по умолчанию) позволяет произвести расчет постоянной нагрузки, действующей на мостовое сооружение. Результатами расчетов являются значения изгибающего момента и поперечной силы (по центру закладки). Поля формы заполнены значениями по умолчанию, при открытии формы происходит расчет на основе этих данных. Если пользователь хочет провести собственный расчет, ему необходимо заполнить поля, ввести расчетный пролет балки и поправочный коэффициент (слева внизу), выбрать тип балки (консольная или однопролетная – справа внизу) и нажать на кнопку «Расчет». Новые значения изгибающего момента и поперечной силы будут выведены на экран.

На закладке «Постоянная нагрузка» пользователю нет необходимости вводить удельные веса материалов. Они автоматически подставляются из справочной таблицы БД «Удельный вес».

Закладка «Предельный изгибающий момент» (рис. 22) включает 2 блока: исходные

Постоянная нагрузка | **Предельный изгибающий момент** | Линия влияния давления и КПУ | Изгибающие моменты

**Предельный изгибающий момент в плите проезжей части**

Исходные данные

Сопротивления бетона сжатию $R_b$ =	160
Сопротивление бетона растяжению $R_{bt}$ =	11
Расчетное сопротивление арматуры $R_s$ =	3000
Расчетная высота сечения $h$ =	0.9
Площадь сечения растянутой арматуры $A_s$ =	23.4
Площадь сечения сжатой арматуры $A_s'$ =	50
Расстояние от центра тяжести раст. арматуры $a_s$ =	0.15
Расстояние от центра тяжести сжатой арматуры $a_s'$ =	0.18

**Предельный изгибающий момент в плите проезжей части  $M_{пред}$  =**  
85500

**Предельная поперечная сила, воспринимаемая плитой проезжей части,  $Q_{пред}$  =**  
10.725

РАСЧЕТ

Рисунок 22 – Расчет предельного изгибающего момента

данные и результаты расчета. Поля формы также заполнены значениями по умолчанию и произведен расчет предельного изгибающего момента и предельной поперечной силы.

Расчет КПУ и построение линии влияния происходит на закладке «Линия влияния и КПУ» (рис. 23). Пользователю необходимо ввести количество балок в поперечном сечении (по умолчанию - 6) и расстояние от оси пролетного строения до оси балки (также уже заполнены). После этого нажать на кнопку «Расчет». Результаты выводятся внизу закладки. Линия влияния строится исходя из значений первой и последней ординат, полученных по методу внецентренного сжатия. КПУ рассчитывается для трех схем загрузки, параметры которых изображены на картинке.

На последней закладке «Изгибающие моменты» (рис. 24) расположены:

- 1) схема загрузки пролетного строения по его длине;
- 2) линия влияния изгибающего момента посередине пролета балки;
- 3) блок «Результаты расчетов»;



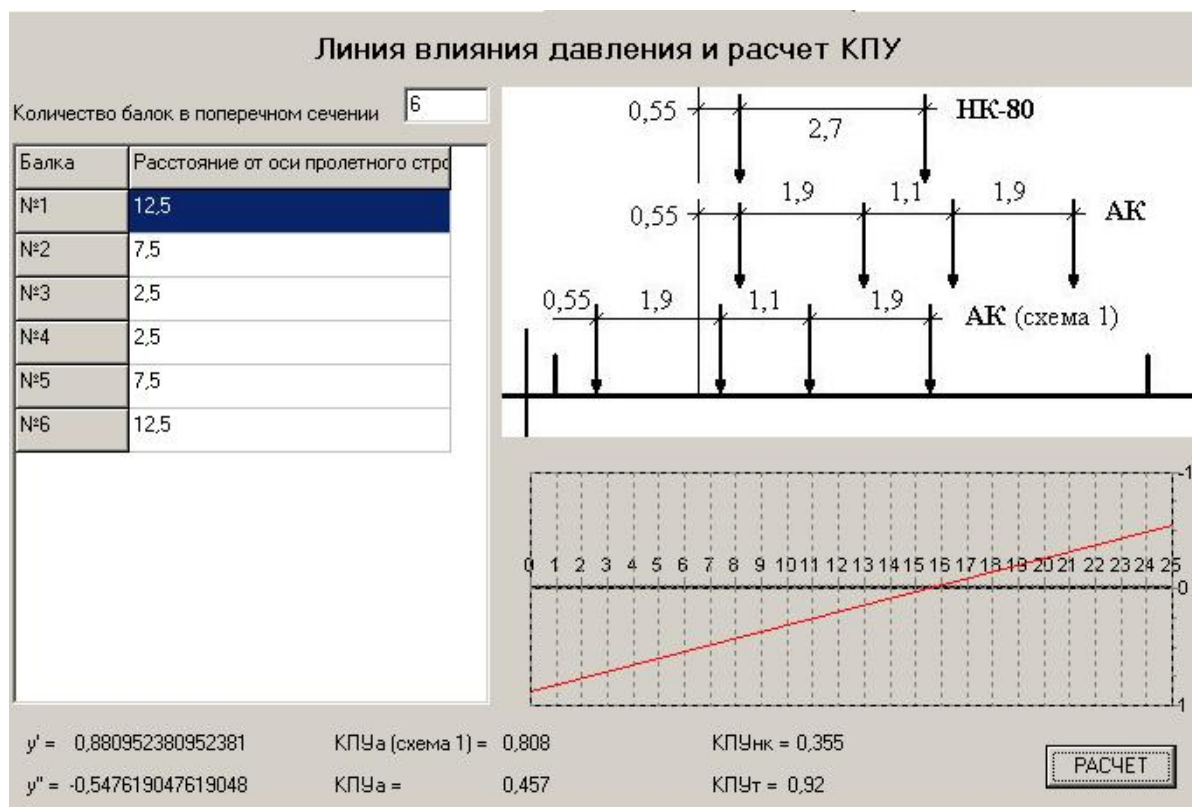


Рисунок 23 – Закладка «Линия влияния давления и КПУ»

4) кнопка «Расчет».

Для расчета необходима лишь величина расчетного пролета балки, которая заполнена по умолчанию. Расчет также произведен автоматически.

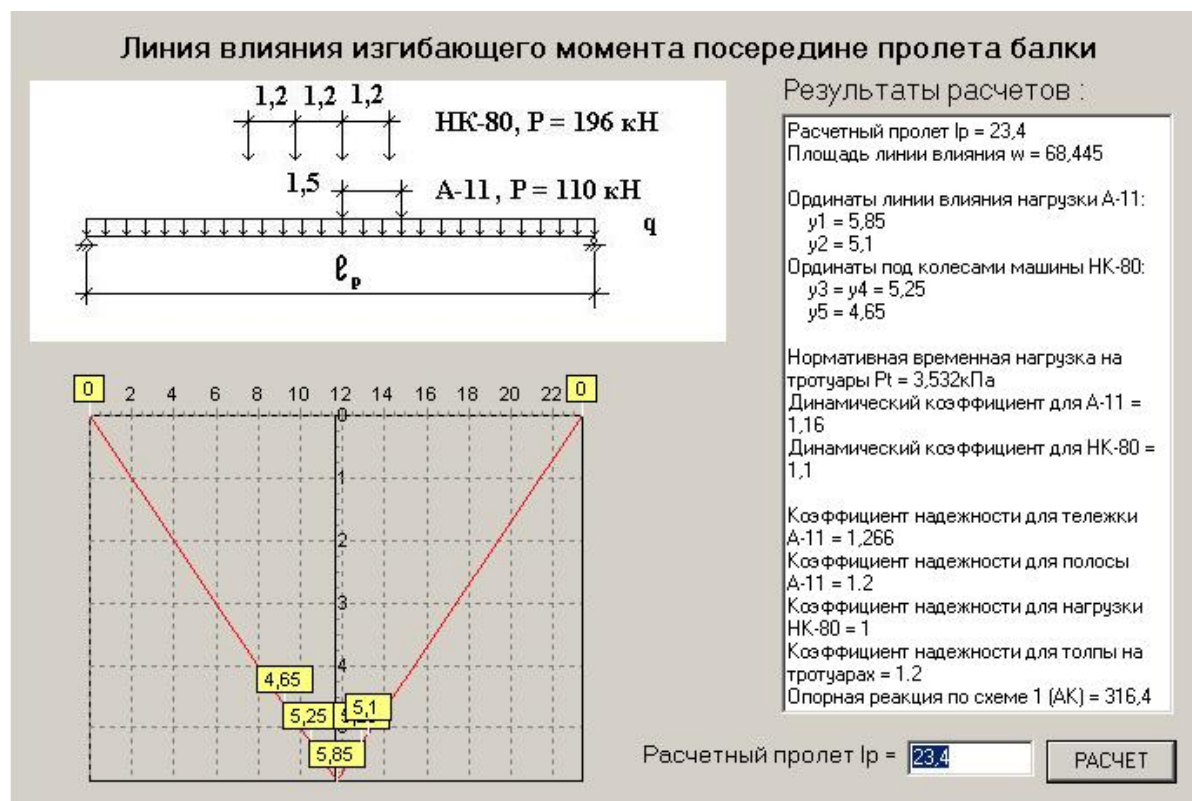


Рисунок 24 – Окончание расчета

В блоке «Результаты расчетов» выводится вся информация по результатам работы расчетной подсистемы программы.

Таким образом, расчет грузоподъемности в ИРС «Мост-Ремонт» представляет собой четырехшаговый процесс, на каждом этапе которого пользователю максимально полно представлены исходные данные. Его основной функцией остается контроль над результатами расчета, но при необходимости он может легко повлиять на них, изменив значения полей формы. Кроме того, расчеты сопровождаются схемами и графиками, облегчающими их восприятие и понимание, а широкие возможности компонентов Delphi позволяют глубже проникнуть в природу расчетов и замысловатые формулы, которые оказываются гораздо осмысленнее после графического восприятия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках дипломной работы была создана информационно-расчетная система «Мост-Ремонт», состоящая из двух подсистем: информационной и расчетной. Первая позволяет автоматизировать процесс учета искусственных сооружений на дорогах и обмена информацией между пользователями, благодаря использованию клиент-серверной технологии БД. Вторая – производить расчет грузоподъемности мостовых сооружений согласно требованиям современных нормативных документов и с учетом последних методических разработок.

Разработанный программный продукт может служить для обучения студентов специальности «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» по дисциплине «Искусственные сооружения на дорогах», для контроля над результатами расчетов и промежуточных данных при выполнении оценки грузоподъемности моста, позволяет хранить и пользоваться необходимой справочной и технической информацией, что способствует ускорению ее обработки, а значит и повышению качества.

Дальнейшее расширение возможностей системы может быть осуществлено за счет увеличения количества хранимой справочной информации, расширения ее номенклатуры, а также за счет доработки расчетной подсистемы.

Отдельные результаты работы были представлены на VI Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные недра Кузбасса. IT-технологии», проходившей в марте 2007 года в Кемеровском государственном университете, и опубликованы в сборнике научных трудов [18].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Официальный сайт министерства экономики и транспорта РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mintrans.ru>, свободный.
- 2 Электронный архив журнала «Строительство и недвижимость» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nestor.minsk.by>, свободный.
- 3 Уткин В.Б. Информационные системы в экономике: Учебник для студентов высших учебных заведений / В.Б. Уткин, К.В. Балдин. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 288 с.
- 4 Официальный сайт научно-производственного объединения «Кредо-Диалог» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.credo-dialogue.com>, свободный.
- 5 Официальный сайт Московского государственного университета путей сообщения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.miit.ru>, свободный.
- 6 Сайт программы «MAV.Structure» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mav.tkm-most.ru>, свободный.
- 7 Сайт программы «АВТО» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.avtobridge.narod.ru>, свободный.
- 8 СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы» / МинСтрой России. – М.: ГП ЦПП, 1996. – 214 с.
- 9 Официальный сайт ГипроДорНИИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.giprodor.ru>, свободный.
- 10 Официальный сайт ЗАО «АСПО» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aspo-spb.ru>, свободный.
- 11 Официальный сайт MIDAS IND. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.midas.kn>, свободный.
- 12 Официальный сайт ООО «Лира Софт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lira.com.ua>, свободный.
- 13 Официальный сайт программы «PassInfo» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.passinfo.narod.ru>, свободный.
- 14 Сайт «Стройнаука» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.stroinauka.ru>, свободный.
- 15 Оценка технического состояния и ремонт автодорожного моста: Методические указания к курсовой работе по мостам для студентов специальности 291000 – «Автомобильные дороги и аэродромы» / Сост. А.Н. Яшнов. – Новосибирск: СГУПС, 2002. – 42 с.
- 16 ВСН 32-89 «Инструкция по определению грузоподъемности железобетонных балочных пролетных строений эксплуатируемых автодорожных мостов»: Утв. 22.07.88. – М.: Транспорт, 1991. – 106 с.
- 17 Дарахвелидзе П.Г. Программирование в Delphi 7 / П.Г. Дарахвелидзе, Е.П. Марков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 347 с.
- 18 Хвостова Е.А. Информационно-расчетная система «Паспорта автомобильных дорог» и оценка технического состояния мостовых переходов / Е.А. Хвостова, Д.Н. Иванченко, М.А. Катарсонов // Инновационные недра Кузбасса. IT-технологии: сборник научных трудов. – Кемерово: ИНТ, 2007. – С. 61-62.



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Неисправности искусственных сооружений

Тип конструкции сооружения	Категория неисправности		
	1-я	2-я	3-я
Железобетонные конструкции	Трещины в растянутой зоне бетона с раскрытием до 0,2 мм (при отсутствии агрессивной среды – до 0,3 мм); одиночные сколы бетона без обнажения арматуры; одиночные потеки выщелачивания на наружных поверхностях.	Одиночные поперечные, сквозные, наклонные и другие трещины в растянутой зоне с раскрытием более 0,3 мм; повреждение защитного слоя с коррозией арматуры; выщелачивание и размораживание бетона в плите проезжей части в результате повреждения гидроизоляции.	Многочисленные трещины раскрытием более 0,3 мм; интенсивная коррозия арматуры с ослаблением сечения до 10%; повреждение бетона от выщелачивания и размораживания на большей части поверхности.
Конструкции из преднапряженного железобетона	Одиночные волосящие трещины.	Трещины раскрытием 0,1-0,15 мм.	Трещины раскрытием более 0,15 мм.
Металлические конструкции	Повреждение окраски на отдельных участках без коррозии металла, мелкие погнутости элементов связей.	Коррозия металла несущих элементов; ослабление заклепок в соединениях главных элементов; разрывы отдельных элементов связей.	Коррозионные повреждения сечения на 10% и более; расстройство заклепочных соединений; усталостные и другие трещины в главных несущих элементах.
Каменные и бетонные конструкции	Одиночные разрушения раствора в швах или кладке на глубину до 3 см; одиночные усадочные и температурные трещины раскрытием до 0,5 мм.	Разрушение швов кладки на всей или части поверхности, в отдельных местах на глубину до 10 см; сдвиги отдельных камней; многочисленные трещины раскрытием 0,4-2,0 мм и отдельные – до 5 мм.	Разрушение кладки на глубину более 10 см со сдвигом групп камней; сквозные трещины, расчленяющие конструкцию.
Мостовое полотно	Неровности в покрытии, не вызывающие динамических колебаний транспортных средств; дефекты в ограждениях проезжей части, тротуарах, не влияющие на безопасность движения.	Неровности и повреждения в покрытии проезжей части и тротуаров, в деформационных швах; в перилах – отдельные разрывы и повреждения креплений стоек; повреждения в ограждающих устройствах, влияющие на безопасность движения.	Деформационные швы и околешовная зона разрушены с образованием провалов; разрушение сопряжения моста с насыпью с образованием порожка более 10 см; разрушение покрытия с обнажением арматуры и образованием сквозных отверстий в плите

			<p>проезжей части; разрушение ограждающих устройств на большей части длины моста; состояние перил и тротуаров, вызывающее опасность для движения пешеходов.</p>
--	--	--	---

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Перечень основных неисправностей, влияющих на грузоподъемность

Вид неисправности	Характер влияния на грузоподъемность и форма учета этого влияния
1. Коррозия рабочей арматуры в растянутой зоне.	Снижение жесткости и несущей способности балок на изгиб. При расчете необходимо учитывать фактическую площадь неповрежденной арматуры путем введения в расчет соответствующего коэффициента условий работы*.
2. Разрыв отдельных стержней арматуры.	То же.
3. Искривление стержней рабочей арматуры в растянутой зоне.	То же.
4. Коррозия арматуры хомутов и отогнутых стержней.	Снижение несущей способности балок на поперечную силу. При расчете необходимо учитывать фактическую площадь неповрежденной арматуры путем введения в расчет соответствующего коэффициента условий работы*.
5. Раковины и сколы в сжатой зоне бетона или в зоне главных сжимающих напряжений.	Снижение несущей способности сечения. При расчете необходимо учитывать фактические размеры сечения.
6. Разрыхление бетона (низкая прочность) в сжатой зоне бетона и в зоне главных сжимающих напряжений.	Снижение несущей способности сечения. При расчете необходимо учитывать фактическую прочность бетона.
7. Нарушение объединения балок пролетного строения в поперечном направлении.	Нарушение схемы пространственной работы пролетного строения и поперечного распределения усилий. Следует учитывать фактическое распределение усилий между балками.
8. Дефектные балки в составе пролетного строения (трещины в сжатой зоне бетона, полное разрушение сжатой зоны бетона, трещины в растянутой зоне бетона раскрытием более 0,5 мм вследствие текучести арматуры, зависание балки над опорной частью).	Изменение распределения усилий между балками и снижение несущей способности пролетного строения. Дефектная балка в расчетах не учитывается.
9. Разрушение покрытия по длине проезжей части периодически повторяющимися выбоинами и наплывами глубиной более 5 см.	Увеличение динамического воздействия. При расчете необходимо учитывать изменение величины динамического коэффициента**.
10. Отдельные выбоины (ямы, наплывы, порошки) в проезжей части глубиной до 10 см.	То же.

\* Коэффициент условий работы  $m_\phi$ , учитывающий дефекты, определяют по формуле:

$$m_\phi = m_{ad} \cdot m_{\phi d},$$

где  $m_{ad} = (1 - 4\delta / d)$  – при учете коррозии арматуры:  $d$  – диаметр арматуры;  $\delta$  – глубина коррозии арматуры;

$m_{ad} = (1 - n_{обр} / n)$  – при учете обрыва стержней арматуры:  $n_{обр}$  – число оборванных стержней,  $n$  – число стержней арматуры;  
 $m_{ad} = [1 - n_{гн} (1 - 0,0625d / \ell^2)^2 / n]$  – при учете погнутости стержней:  $n_{гн}$  – число гнутых стержней,  $\ell$  – стрелка выгиба арматуры;  
 $m_{\delta\delta} = Z_1 / Z$  – при учете дефектов сжатой зоны бетона:  $Z_1, Z$  – плечи внутренней пары сил с учетом дефектов и без их учета.

\*\* При учете дефектов проезжей части принимают следующие значения динамических коэффициентов:

- 1) при периодически повторяющихся дефектах и скорости движения автомобильной нагрузки 60 км/ч и более  $1 + \mu = 1,7$  (для главных балок и плитных пролетных строений);  $1 + \mu = 2,0$  (для плиты проезжей части и диафрагм); при скорости движения автомобильной нагрузки до 30 км/ч  $1 + \mu = 1,5$  (для всех случаев); для остальных скоростей движения – по интерполяции; для тяжелой одиночной нагрузки независимо от скорости движения  $1 + \mu = 1,15$  (для главных балок и плитных пролетных строений) и  $1 + \mu = 1,45$  (для плиты проезжей части и диафрагм);
- 2) при единичных дефектах для автомобильной нагрузки  $1 + \mu = 1,4$  (для главных балок и плитных пролетных строений);  $1 + \mu = 1,7$  (для плиты проезжей части и диафрагм); для тяжелой одиночной нагрузки  $1 + \mu = 1,15$  (для главных балок и плитных пролетных строений) и  $1 + \mu = 1,45$  (для плиты проезжей части и диафрагм).

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Сведения о материалах железобетонных мостов

**Таблица 1 – Расчетные сопротивления и модули упругости бетона**

Характеристика	Условное обозначение	Класс бетона по прочности на сжатие (марка бетона)					
		B20 (M275)	B25 (M325)	B30 (M400)	B40 (M450)	B45 (M550)	B50 (M600)
Сопротивление осевому сжатию	$R_b$ , кгс/см <sup>2</sup>	105	135	160	175	225	255
Сопротивление осевому растяжению	$R_{bt}$ , кгс/см <sup>2</sup>	8,5	10,0	11,0	12,0	13,5	14,0
Модуль упругости	$E_b$ , кгс/см <sup>2</sup>	275000	306000	332000	360000	382000	398000

**Таблица 2 - Расчетные сопротивления и модули упругости арматурных сталей для автодорожных и городских мостов**

Характеристика	Условное обозначение	Класс арматурной стали			
		А-I (гладкая) Ø6-40	А-II (периодическая) Ø10-40	А-III (периодическая)	
				Ø6 и 8	Ø10-40
Расчетные сопротивления растяжению	$R_s$ , кгс/см <sup>2</sup>	2150	2700	3450	3550
Модуль упругости	$E_s$ , кгс/см <sup>2</sup>	$2,1 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^6$

**Таблица 3 – Площади арматурных стержней**

d, см	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40
A, см <sup>2</sup>	0,79	1,13	1,54	2,01	2,55	3,14	3,80	4,91	6,16	8,04	10,18	12,57

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Список файлов на компакт-диске

Данное приложение содержит список файлов на диске, который прилагается к дипломной работе. Он содержит две папки: «Диплом» и «MOSTREMONT».

Папка «Диплом» включает в себя:

- 1) файл диплом.doc – текст дипломной работы;
- 2) файл диплом.ppt – презентация дипломной работы.

Папка «MOSTREMONT» включает файлы, созданные при разработке приложения – информационно-расчетной системы «MOSTREMONT»:

- 1) MOSTREMONT.exe – исполняемый файл проекта;
- 2) MOSTREMONT.GBD – файл демонстрационной базы данных;
- 3) MOSTREMONT.dpr – главный файл Delphi-проекта;
- 4) \*.pas – модули с исходными кодами программы.

Кроме этого в ней находится вложенная папка «Images», в которой хранятся схемы и фотографии, необходимые для работы приложения.