

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.42:625.7

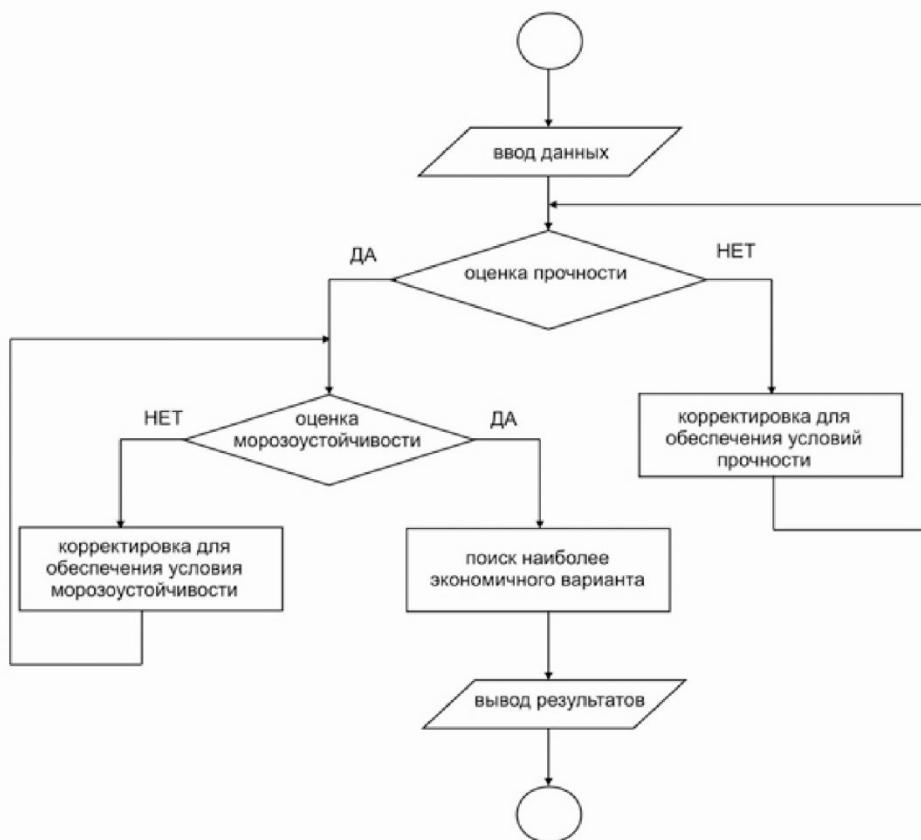
А.А.Тайлакова, М.А. Катасонов, А.Г. Пимонов

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА И ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ КОНСТРУКЦИИ НЕЖЕСТКОЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Дорожное хозяйство представляет собой один из крупнейших сегментов общественного достояния России. Без дорожной сети не могут быть реализованы статьи Конституции Российской Федерации, в которых гарантируются права на свободу передвижения граждан, на свободное перемещение товаров и услуг, единство экономического пространства. Автомобильные дороги играют важную роль в решении социальных задач, реализации приоритетных национальных проектов. В настоящее время в связи с активизацией участия России в глобальном развитии мировой экономики существенно усиливается роль автомобильного хозяйства. Недостаточный же уровень развития автомобильных дорог выступает серьезным фактором [1], ограничивающим темпы роста экономики, ухудшающим качество жизни и уровень безопасности населения. Экономический рост ре-

гионов напрямую зависит от состояния транспортной системы. Кемеровская область – высокоурбанизированный регион, и дорожная сеть здесь очень насыщена: общая протяженность дорог в Кузбассе составляет более 14 тыс. км. Если в среднем по России плотность дорог равняется 31 км на 1 тыс. кв. км, то по Кузбассу почти в два раза больше – 61 км на тысячу кв. км [2].

Одной из наиболее серьезных проблем на текущий момент остается неудовлетворительное техническое состояние и дефицит пропускной способности значительных по протяженности участков автомобильных дорог общего пользования. Из-за низкого уровня транспортно-эксплуатационного состояния российских автомобильных дорог средние скорости движения автомобилей по ним существенно ниже, чем в европейских странах. Кроме того перегруженность



Rис.1. Блок-схема алгоритма расчета

сети автомобильных дорог общего пользования значительно усиливает негативное влияние автотранспортных потоков на экологическую обстановку в районах их прохождения.

Несмотря на то, что в России уровень автомобилизации населения в несколько раз ниже, чем в странах Европейского Союза и США (Российская Федерация – 177,8 шт. на 1000 человек [3], в 15 основных странах ЕС – 508 шт. на 1000 человек на конец 2006 года [4]), показатель погибших в дорожно-транспортных происшествиях на российских дорогах является самым высоким среди развитых стран. По данным пресс-службы ГИБДД [5], в 2007 году в России в ДТП погибли 27 289 человек, то есть почти столько же, сколько 6-7 лет назад погибало во всех странах – членах ЕС. Это не в последнюю очередь связано с низким уровнем транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог общего пользования [1]. Режимы и безопасность движения автомобильного транспорта определяет состояние дорожного покрытия. Дорожная одежда является одним из наиболее важных и материальноемких элементов автомобильной дороги.

Дорожная одежда [1] – конструкция проезжей части, устраиваемая на земляном полотне в виде одного или нескольких слоев из различных материалов с целью создания оптимальных условий для движения автомобилей. Она воспринимает нагрузку от транспортных средств и передает ее на грунтовое основание или подстилающий грунт. Конструкция дорожной одежды, как и любое инженерное сооружение, должна быть достаточно надежной и соответствовать определенным эксплуатационным требованиям. Дорожные одежды являются одним из наиболее дорогих элементов

автомобильных дорог [6], их экономичность в значительной степени определяет строительную стоимость объекта в целом и эффективность капиталовложений.

Различают дорожные одежды жесткого и не-жесткого типа. Жесткими считают одежды, у которых материал одного или нескольких слоев обладает сопротивлением изгибу и модулем упругости, практически не зависящим от температуры и влажности, а также мало изменяет свои свойства в течение всего срока службы. К ним относятся одежды с цементо- и железобетонными покрытиями и основаниями. Нежесткими называют одежды, прочность материалов слоев которых при изгибе и модуль упругости существенно зависят от температуры и влажности (асфальтобетон и др.), или же одежды с несущими слоями, не способными сопротивляться изгибу (щебень, гравийно-песчаные смеси и т. д.). Методы расчета жестких и нежестких дорожных одежд существенно различаются [1].

Проектирование дорожной одежды представляет собой единый процесс [7] конструирования и расчета дорожной конструкции на прочность, морозостойчивость с технико-экономическим обоснованием вариантов с целью выбора наиболее экономичного в данных условиях. В настоящее время на территории Российской Федерации в качестве нормативного документа, регламентирующего метод расчета нежестких дорожных одежд, принят ОДН 218.046-01 («Отраслевые дорожные нормы проектирование нежестких дорожных одежд»). Документ содержит указания по конструированию и расчету нежестких дорожных одежд автомобильных дорог общей сети. ОДН применимы для проектирования вновь сооружае-

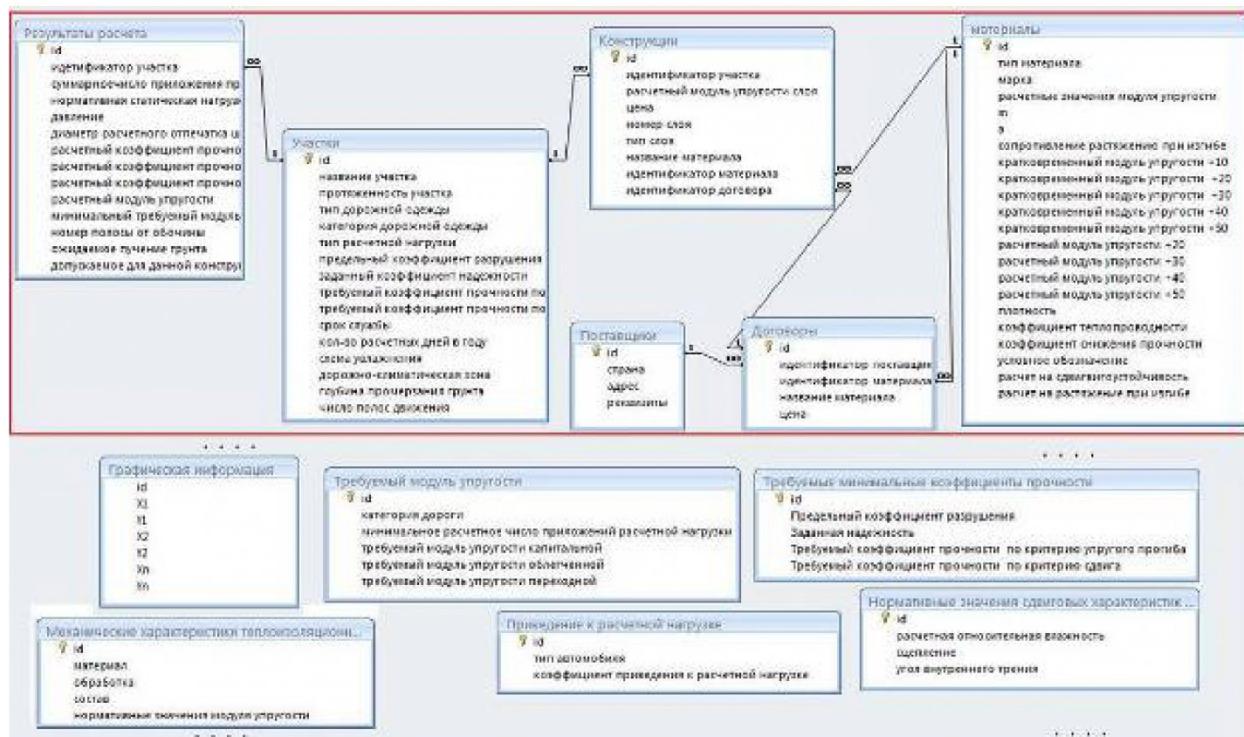


Рис. 2. Фрагмент структуры базы данных

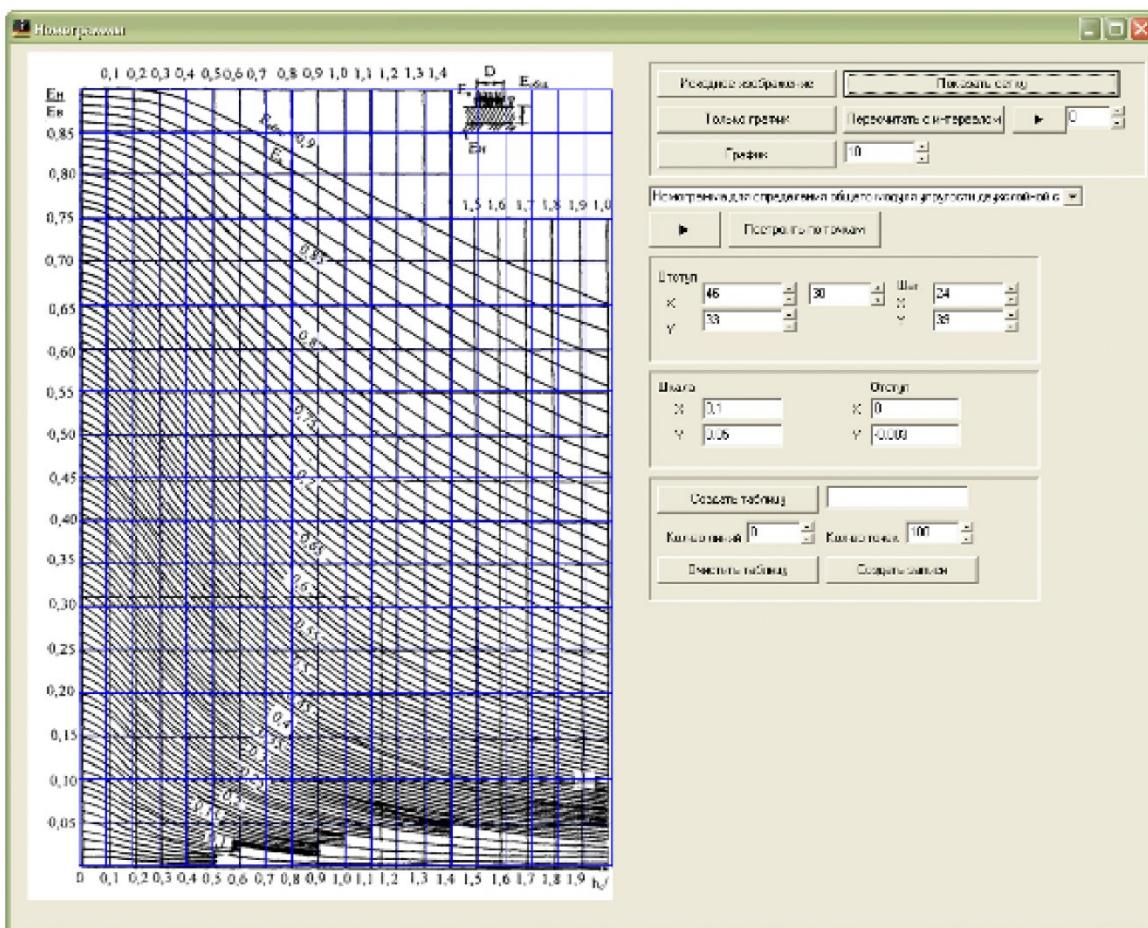


Рис. 3. Подсистема обработки графической информации

мых дорожных одежд, новых участков реконструируемых дорог, разработки альбомов типовых конструкций, а также могут использоваться при оценке прочности и при проектировании усиления дорожных одежд существующих дорог. Эти нормы [7] предназначены для работников системы дорожного хозяйства.

Процедура конструирования дорожной одежды включает:

- 1) выбор вида покрытия;
- 2) назначение числа конструктивных слоев с выбором материалов для устройства слоев, размещение слоев в конструкции и назначение их ориентировочных толщин;
- 3) предварительную оценку необходимости назначения дополнительных морозозащитных мер с учетом дорожно-климатической зоны, типа грунта рабочего слоя земляного полотна и схемы увлажнения рабочего слоя на различных участках;
- 4) предварительный отбор конкурентоспособных вариантов с учетом местных природных и проектных условий работы [1].

Задача расчета конструкции дорожной одежды сводится к нахождению значений толщины конструктивных слоев, при которых конструкция

будет удовлетворять всем необходимым параметрам (рис. 1).

Существуют различные программные продукты, предназначенные для проектирования дорог и позволяющие решать задачу расчета дорожных одежд. Например, такие системы как программный комплекс «Топоматик Robur – автомобильные дороги», «Радон 2.2 – Расчет дорожной одежды». Реализованная функциональность данных программных средств обеспечивает комплекс задач, решаемых при разработке проектов нового строительства и реконструкции. Но в данных программных продуктах невозможен учет особенностей условий региона.

Разработанная автоматизированная система расчета и оценки стоимости конструкции нежесткой дорожной одежды адаптирована к климатическим, географическим и экономическим условиям региона. Комплекс программ включает в себя следующие подсистемы:

- 1) ведение базы справочной информации;
- 2) оцифровка графической информации;
- 3) визуализация графической информации;
- 4) проектирование конструкции;
- 5) расчет дорожных одежд на прочность;

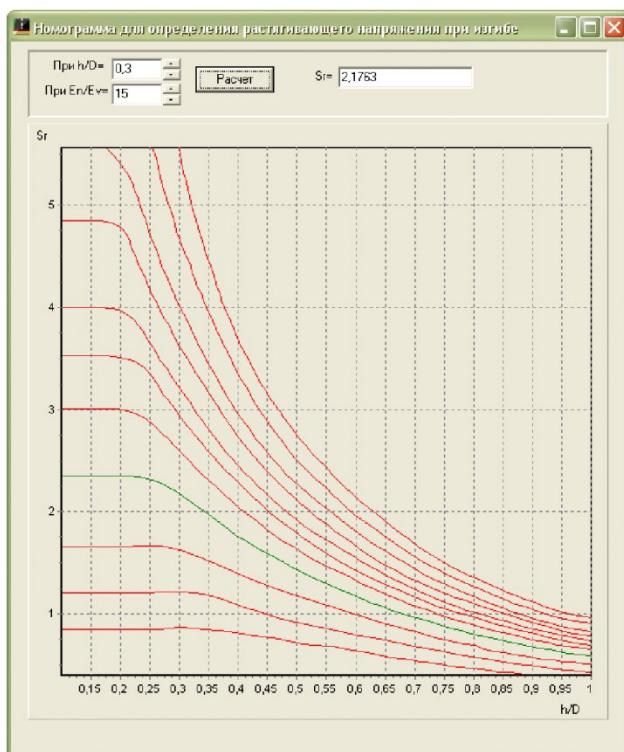


Рис. 4. Номограмма для определения растягивающего напряжения при изгибе

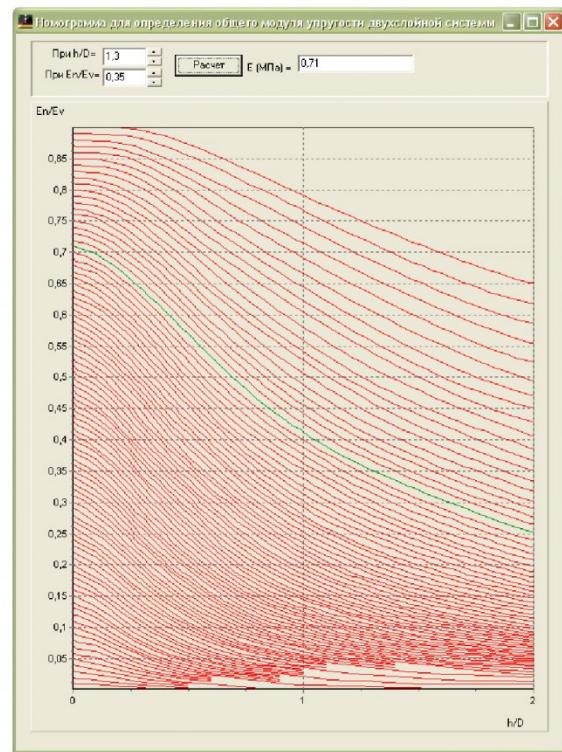


Рис. 5. Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы

5.1) расчет конструкции в целом по допускаемому упругому прогибу

5.2) расчет конструкции по условию сдвигостойчивости подстилающего грунта и мало связанных конструктивных слоев;

5.3) расчет конструкции на сопротивление

монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе;

6) проверка на морозоустойчивость;

7) поиск наиболее экономичного варианта;

8) корректировка толщин конструктивных слоев;

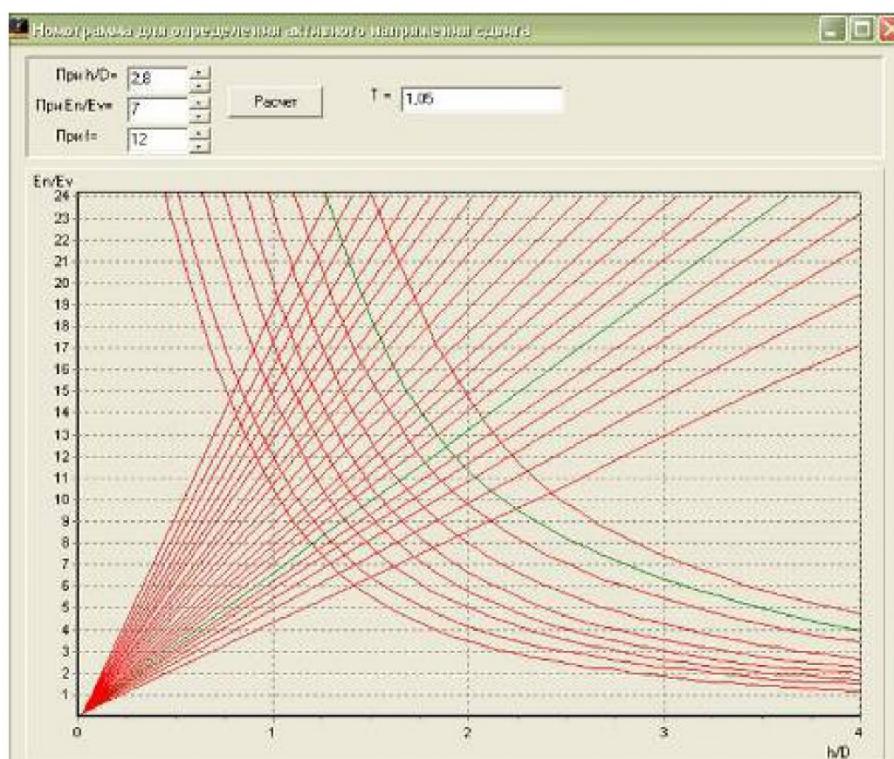


Рис. 6. Номограмма для определения активного напряжения сдвига

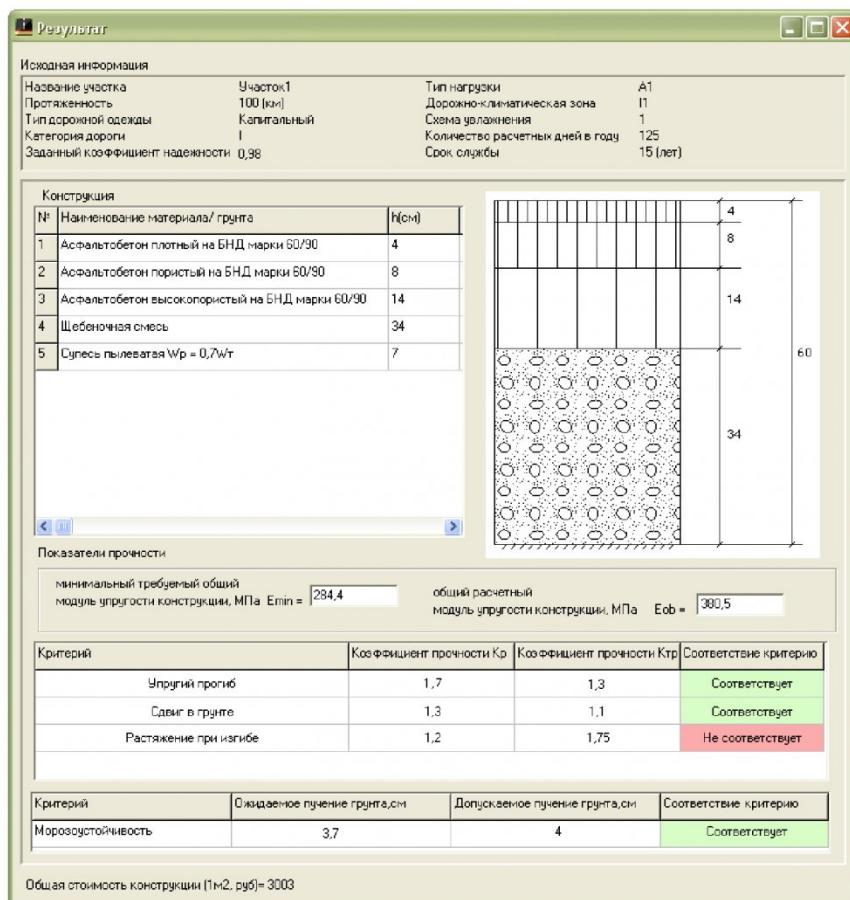


Рис. 7. Форма для вывода результатов расчета

- 9) ведение базы проектируемых участков;
10) формирование отчетов.

При разработке программной системы использовалась клиент-серверная технология автоматизированных баз данных СУБД InterBase и методика визуального программирования в среде разработки Borland Delphi.

Программный комплекс функционирует на основе базы данных, фрагмент структуры которой представлен на рис. 2. База данных содержит 42 таблицы, основными из которых являются следующие: таблица для хранения вариантов конструкции, результатов расчетов, информации о проектируемых участках. Кроме этих данных база [8] включает в себя таблицы, необходимые для определения расчетных характеристик грунта и материалов, а также справочники показателей, необходимых для расчета конструкции по основным критериям в соответствии с ОДН 218.046-01.

В составе комплекса программ реализована подсистема работы с информацией о материалах и грунтах, которая предназначена для решения следующих задач:

- 1) добавления характеристик новых материалов и грунтов;
- 2) изменения расчетных параметров материалов и грунтов в базе данных;
- 3) удаления информации о материалах и грун-

тах из базы.

Часть показателей, необходимых для расчета, представлена в нормативном документе в виде графиков и номограмм. Так как данная информация не должна вводиться пользователем в качестве исходных данных, и к ней необходимо автоматическое обращение программы в процессе расчета, потребовалось перевести эти данные в цифровое представление. В связи с этим реализована соответствующая подсистема обработки графической информации (рис. 3). С помощью наложения сетки определяется значение цены деления шкалы в точках, затем загружается предварительно обработанное в графическом редакторе изображение и происходит заполнение соответствующих таблиц в базе данных [8].

Содержащиеся в нормативном документе графики и номограммы могут понадобиться при решении различных задач, связанных с проектированием дорог. В связи с этим в программный комплекс включена подсистема визуализации полученных значений в виде графиков, построенных на основе информации, находящейся в заполненных таблицах. Реализовано три различных метода работы с номограммами:

- 1) поиск значения по заданной линии и одному параметру (рис. 4);



Рис. 8. Отчет о расчете конструкции нежесткой дорожной одежды

2) поиск линии по значениям двух заданных параметров (рис. 5);

3) поиск значения по двум заданным линиям и одному параметру (рис. 6).

В программном комплексе реализован алгоритм (рис. 1), описанный ранее. Для начала работы необходимо назначить конструкцию нежесткой дорожной одежды и внести информацию о проектируемом участке дороги.

В процессе расчета конструкции на прочность выполняются вычисления по критериям упругого прогиба, сдвигостойчивости мало связанных конструктивных слоев и подстилающего грунта и расчет на сопротивление монолитных слоев усталостному растяжению при изгибе. Результатом расчета являются значения расчетных коэффициентов по соответствующим критериям. На основании их сопоставления с нормативными значениями может быть сделан вывод о соответствии или несоответствии конструкции требованиям прочности (рис. 7).

В процессе проверки конструкции на морозостойчивость рассчитываются значения ожидаемого и допустимого пучения грунта. Если величина ожидаемого пучения грунта не превышает допустимого значения, то конструкцию считают соответствующей требованию морозостойчивости (рис. 7).

Поиск наиболее экономичного варианта конструкции осуществляется в случае ее соответствия требованиям прочности и морозостойчивости. В результате расчета выполняется поиск наиболее дешевого варианта конструкции, а также формируется отчет обо всех возможных ее вариантах, соответствующих заданным требованиям. Сформированный отчет экспортится на рабочий лист MS Excel.

В результате работы системы будут получены основные расчетные показатели, и на основании

их сопоставления с нормативными значениями будет сделан вывод о соответствии конструкции основным параметрам прочности и морозостойчивости (рис. 7). Предусмотрена возможность повторного расчета с изменением входных параметров. При этом все рассчитанные варианты конструкции сохраняются в базе данных, и каждый из них может быть экспортирован на рабочий лист MS Excel (рис. 8).

В случае несоответствия конструкции требованиям прочности или морозостойчивости возможна корректировка толщин конструктивных слоев. Уточнение конструкции производится методом покоординатного спуска. В процессе работы подсистемы происходит поиск толщин слоев конструкции, при которых будут обеспечены требования прочности и морозостойчивости. В случае отсутствия варианта, удовлетворяющего необходимым параметрам, подсистема сообщает о невозможности уточнения конструкции.

Разработанный комплекс программ позволяет повысить производительность труда специалистов-дорожников при проектировании автомобильных дорог, а именно конструкции нежесткой дорожной одежды.

В настоящее время ведутся работы по созданию модульной системы проектирования, технического обслуживания и паспортизации дорог (рис. 9), в которую будут включены «Информационно-расчетная система оценки технического состояния и стоимости мероприятий по ремонту автодорожных мостов», «Автоматизированная база паспортов автомобильных дорог», а также программный комплекс расчета нежесткой дорожной одежды. Данная система может использоваться для проектирования и строительства дорог, автоматизации работы с информацией о сети автомобильных дорог, учета, обслуживания и ремонта искусственных сооружений.



Рис. 9. Модульная система проектирования, технического обслуживания и паспортизации дорог

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афиногенов, О.П. Проектирование нежестких дорожных одежд. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2004. – 130 с.
2. Информационное агентство «Regnum». Новости – главные новости России, СНГ и мира – лента новостей ИА «Regnum» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.regnum.ru/news>, свободный.
3. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru>, свободный.
4. Об автомобилизации в странах ЕС / Автообозрение / Вся Москва [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.adb.ru/reviews/review>, свободный.
5. "Транспортный Дозор" – информационно-аналитический портал о транспортной безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://transbez.com/info/avto>, свободный.
6. Дорожное хозяйство России, 2008: цифры и факты : справ.-иллюстр. материал / М-во транспорта Рос. Федерации, Федерал. дорож. агентство. – М. : Росавтодор, 2007. - 397 с.
7. Отраслевые дорожные нормы. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд / Минтранс России. – М.: Информавтодор, 2001. – 145 с.
8. Тайлакова, А.А. Автоматизированная система для расчета нежестких дорожных одежд / А.А. Тайлакова., Е.А. Хвостова // Сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 25-27 февраля 2009 г., ч.2. Томск: Изд-во СПБ Графикс. – С. 99.

□ Авторы статьи:

Тайлакова
Анна Александровна
– выпускница КузГТУ
(гр.ПИ041). E-mail:
knopka.anya@mail.ru;

Катасонов
Максим Александрович
– ассистент каф. автомобильных
дорог КузГТУ. E-mail:
kma.ad@kuzstu.ru;

Пимонов
Александр Григорьевич
– докт. техн. наук, проф., зав. каф.
вычислительной техники и информа-
ционных технологий.
E-mail: pag_vt@kuzstu.ru.