

УДК 625.731

**Иван Иосифович ЛЕОНОВИЧ**,  
доктор технических наук,  
профессор,  
заведующий кафедрой  
"Строительство  
и эксплуатация дорог"  
Белорусского национального  
технического университета

**Юрий Георгиевич БАБАСКИН**,  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры  
"Строительство  
и эксплуатация дорог"  
Белорусского национального  
технического университета

## ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМА ВЫБОРА ВИДА РЕМОНТА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

### SUBSTANTIATION OF THE ALGORITHM FOR SELECTING THE TYPE OF REPAIR OF ROAD SURFACING

*Выбор вида ремонта дорожных конструкций предусматривает уровневый подход к изучению неоднородных материалов и выражает замкнутый цикл структурных систем, характеризуемых элементами и факторами. Разработанный алгоритм представляет перспективу научно-исследовательских работ, направленных на ремонт дорожных конструкций и создание новых дорожно-строительных материалов.*

*The selection of the type of repair of road surfacing consists in leveled approach to the study of non-homogeneous material and expresses the structural systems, characterized by elements and factors, as a closed cycle. The algorithm developed gives prospects for future research and scientific work directed to the road surface repair and creation of new road-construction materials.*

#### ВВЕДЕНИЕ

В Беларуси протяженность республиканских автомобильных дорог с цементобетонным покрытием составляет свыше 500 км, а местных — свыше 850 км. Цементобетонные покрытия обладают рядом преимуществ: существенно большая прочность цементобетона в сравнении с асфальтобетоном; стабильность деформативных свойств цементобетона при изменении температуры; рост прочности цементобетона во времени при благоприятных условиях эксплуатации; срок службы покрытий до капитального ремонта может достигать 50 лет; стабильность коэффициента сцепления колес автомобиля с покрытием, слабая его изменчивость при увлажнении и др.

Однако и на этих покрытиях возникают различные дефекты в виде трещин, шелушения поверхности плит, образования выбоин, разрушения кромок, вертикально-го смещения плит [1, 2].

Основные причины разрушений цементобетонных дорожных покрытий обусловлены возросшими нагрузками от транспортных средств, широким использованием противогололедных смесей, конструктивными недостатками устройства швов и их гидроизоляции, что приводит к переувлажнению основания; недостаточным учетом температурных деформаций в покрытии; недооценкой воздействия водно-теплового режима основания и земляного полотна на срок службы покрытия; слабым контактом покрытия с основанием; неправильным

выбором различных прослоек между цементобетонным покрытием и основанием.

#### УРОВНЕВЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ НЕОДНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для дорожного цементобетонного покрытия характерна конструктивная прочность, под которой понимают прочность тел определенной формы в заданных условиях нагружения. В теории непрерывных сред для облегчения исследования процессов, протекающих в структуре неоднородных материалов, может быть использован принцип континуумизации, который дает возможность применять непрерывные функции для описания явлений и процессов, происходящих в неоднородных структурированных материалах.

С позиции континуумизации цементобетон можно рассматривать на различных уровнях:

1) на макроскопическом — цементобетонная плита представляет собой однородный материал, где в единице объема содержатся все компоненты бетона — от крупного заполнителя до цементного камня;

2) на миниуровне (материальный цикл) — объект изучения ограничивается 1–2 см и характеризуется количественным составом компонентов. При таком рассмотрении объекта можно выделить основной фактор в виде неоднородности материала, из-за поликристаллического строения;

3) на микроуровне (материальный элемент) — объект изучения достигает 1–2 мм. В этом случае рассматривается несколько отличных друг от друга объектов:

— внутренний состав щебня как конгломерата, состоящего их различных минералов, отличающихся не только химическими элементами, но и физическими свойствами;

— внутренний состав песка, зависящий от материнской породы и способа получения;

— цементный камень, на этом уровне цемент, как связующее будет представлен однородным материалом;

— зона контакта между щебнем и цементным камнем;

— зона контакта между песком и цементным камнем.

Каждый из этих объектов играет определенную роль в общей прочности цементобетона, рассматриваемого на макроуровне как дорожная плита. Эти объекты обладают различным количеством дефектов, основным из которых является трещина. Трещина — это место концентрации напряжений, которые способствуют возникновению направленных разрывов. Напряжения составляют кинетическую энергию разрушения. Чем больше этой энергии, тем интенсивнее развитие деформаций.

### СТРУКТУРА АЛГОРИТМА

Исследования по совершенствованию конструкций дорожных одежд, созданию новых дорожно-строительных материалов включают разработку алгоритма выбора метода ремонта, в зависимости от причин возникновения дефектов и их систематизации.

Массовость алгоритма зависит от варьирования исходных данных в определенных пределах, что обеспечивает его детерминированность.

Алгоритм включает несколько структурных систем, характеризующих:

- 1) система "А" — дорожную конструкцию (исходную);
- 2) система "В" — причины возникновения дефектов;
- 3) система "С" — значимость причины (состояние системы — является относительным показателем), в зависимости от ее воздействия на процесс разрушения в сравнении с остальными причинами;
- 4) система "D" — виды дефектов;
- 5) система "Е" — состояние дефекта (количественный показатель, влияющий на качественную характеристику);
- 6) система "F" — вид ремонта;
- 7) система "G" — дорожная конструкция (новая или отремонтированная, без изменения типа и вида покрытия).

Алгоритм имеет замкнутый характер, что позволяет выполнять оценку дорожной конструкции на любой стадии ее изменения, а также планировать проведение научных исследований при расширении диапазона варьирования любого фактора, входящего в состав элемента. Обоснование алгоритма заключается в построении его структуры на основании обозначенных систем, выстроенных в замкнутую последовательность и имеющих промежуточные связи между системами.

### ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ, ЭЛЕМЕНТОВ, ФАКТОРОВ И ИХ УРОВНЕЙ

**Система "А".** Жесткая дорожная конструкция с цементобетонным покрытием, характеризуемая следующими элементами:

A1 — цементобетонное покрытие (сборное, монолитное, однослойное, двухслойное);

A2 — основание (искусственная конструкция, одно- или многослойная);

A3 — земляное полотно (грунты, находящиеся в плотном сложении, свойства которых зависят от влажности и отрицательной температуры; деформация земляного полотна отражается на состоянии всей дорожной конструкции).

Прочность цементобетона ( $B_{цб}$ ) зависит от прочностных свойств компонентов бетона и их адгезионных качеств. Представляем цементобетон как элемент алгоритма в виде следующих факторов:

A1<sub>10</sub> — цементный камень;

A1<sub>20</sub> — контактный слой цементного камня и крупного заполнителя (щебня, гравия);

A1<sub>30</sub> — контактный слой цементного камня с мелким заполнителем (песком, природным или дробленным).

Элемент A2 может быть представлен в виде факторов, зависящих от применяемых вяжущих веществ и качества каменных материалов.

Элемент A3 можно представить в виде факторов при слоистости грунтовой конструкции, что возможно при высоких насыпях.

Уровни фактора A1<sub>10</sub> характеризуются показателем прочности  $R_{ц}$ , зависящим от марки цемента, качества перемешивания, наличия воды при гидратации и гидролизе.

Уровни фактора A1<sub>20</sub> характеризуются адгезионными связями между двумя составляющими — цементным камнем и крупным заполнителем, — а также показателем прочности  $R_{цщ}^{ад}$ .

Уровни фактора A1<sub>30</sub> аналогичным образом обозначим показателем прочности  $R_{н}^{ад}$ .

Таким образом, можно сформулировать условие прочности цементобетона с помощью следующей формулы

$$R_{с} = f \cdot (R_{ц}, R_{цщ}^{ад}, R_{н}^{ад}). \quad (1)$$

Если любой из представленных в скобках показателей окажется равным нулю, это будет свидетельствовать о наличии дефекта в цементобетоне, например, в виде трещины. Данные рассуждения справедливы не для всего покрытия в целом, а для материальной точки, через которую проходит дефект. Физический смысл данного состояния заключается в разрыве связей между компонентами бетона.

Следовательно, наличие дефекта будет характеризоваться следующими условиями:

1.  $R_{ц} = 0, R_{цщ}^{ад} \neq 0, R_{н}^{ад} \neq 0$ ;

2.  $R_{ц} \neq 0, R_{цщ}^{ад} = 0, R_{н}^{ад} \neq 0$ ;

3.  $R_{ц} \neq 0, R_{цщ}^{ад} \neq 0, R_{н}^{ад} = 0$ , что может быть характерно для песчаного бетона;

4.  $R_{\text{ц}} = 0$ ,  $R_{\text{ц}}^{\text{ад}} = 0$ ,  $R_{\text{н}}^{\text{ад}} = 0$ , или любая парная комбинация.

**Система "В".** Причины возникновения дефекта. Элементами системы "В" являются:

V1 — технологический (причина заложена при строительстве), представленный факторами:

V1<sub>10</sub> — режимным (нарушение режима приготовления или твердения бетона);

V1<sub>20</sub> — материальным (низкое качество материала — цемента, щебня);

V1<sub>30</sub> — регламентным (несвоевременная и некачественная нарезка швов);

V2 — конструктивный (слоистая конструкция земляного полотна), представленный факторами:

V2<sub>10</sub> — фильтрационными (малый коэффициент фильтрации, из-за повышенного количества пылеватоглинистых частиц, приводит к заиливанию), суффозионными явлениями;

V2<sub>20</sub> — влажностными (переувлажнение грунта основания), капиллярным водонасыщением;

V3 — эксплуатационный, представленный факторами:

V3<sub>10</sub> — динамическим, заключающимся в том, что нагрузка (осевая) от колеса автомобиля, с учетом динамического воздействия, может привести к раскалыванию плиты. В настоящее время по дорогам республики движутся автомобили с нагрузкой на заднюю ось, достигающей до 282 кН при нормативной 110 кН;

V3<sub>20</sub> — температурным, возникающим при разности температур между атмосферным пространством и основанием покрытия, что приводит к возникновению температурных напряжений в покрытии;

V4 — коррозионный, представленный факторами:

V4<sub>10</sub> — коррозией 1 вида, объединяющей растворимость продуктов гидратации (наиболее растворимый компонент — гидроксид кальция — "портландит"), происходит при контакте покрытия с водой;

V4<sub>20</sub> — коррозией 2 вида, представленной обменными реакциями между кислотами, солями, щелочами и составными частями цементного камня;

V4<sub>30</sub> — коррозией 3 вида, вызванной накоплением в порах солей, их кристаллизацией, что приводит к разрушению структурных связей цементного камня. На дорожный цементобетон такое влияние оказывают противогололедные реагенты, наносимые на покрытие в зимний период эксплуатации.

**Система "С".** Значимость причины или состояние системы "В". На дорожную конструкцию может оказывать воздействие один из элементов системы "В" или несколько одновременно. Во втором случае воздействие элементов может быть равноценно или с преобладанием одного или группы. Такое рассмотрение значимости причины поможет правильно выбрать способ ремонта и обосновать его экономическую сторону.

Элементы V1–V4 имеют интервал варьирования от 0 % до 100 %. В момент обследования участка дороги каждый из названных элементов характеризуется определенным значением (0 %–100 %) таким образом, чтобы сумма значимости всех элементов составляла число 100. Следовательно, этому интервалу необходимо придать шаг варьирования. Чем меньше шаг варьирования, тем

больше вероятность правильности принятого решения. Исходя из этого, элементами системы "С" могут быть:

C0 — данный элемент равен нулю;

C1 — шаг варьирования равен 1 %; при этом факторы будут изменяться от C1<sub>1</sub>, C1<sub>2</sub>, C1<sub>3</sub> и т. д. до C1<sub>100</sub>; в дальнейшем шаг варьирования может составлять 5 %, 10 %, 25 %, 50 %, 100 %.

Данные интервалы варьирования позволяют получить одинаковую характеристику параметра при различных шагах.

Таким образом, при V3<sub>20</sub> = C0 — влияние температуры не происходит, а следовательно, дефекты в конструкции, связанные с температурными напряжениями, на момент обследования отсутствуют.

При V1 = C0, V2<sub>10</sub> = C10<sub>10</sub>, V3<sub>30</sub> = C10<sub>50</sub>, V4<sub>30</sub> = C10<sub>40</sub> можно заключить, что на данный момент преобладающим элементом системы "В" является V3<sub>30</sub> (50 %), то есть температура, которая привела к возникновению температурных напряжений, и как результат этого — к возникновению трещин на поверхности дорожного покрытия. Процесс разрушения усугубляется протекающей коррозией 3 типа (V4<sub>30</sub> = C10<sub>40</sub>, то есть процент значимости составляет 40 %), вызванной проникновением противогололедных солей через образовавшиеся трещины. Проникновение сопровождается фильтрационными процессами (V2<sub>10</sub> = C10<sub>10</sub>, то есть процент значимости составляет 10 %). Ремонт данного покрытия должен включать не только гидроизоляцию трещин, но и устройство защитного слоя на поверхности покрытия, что позволит снизить разность температур, приводящих к температурным напряжениям.

**Система "D".** Виды дефектов. Система характеризуется следующими элементами:

D1 — трещины. Данный элемент может быть представлен факторами:

D1<sub>10</sub> — поперечные (сквозные, поверхностные, на краевых участках плит вдоль швов);

D1<sub>20</sub> — продольные (сквозные);

D1<sub>30</sub> — косые на угловых участках плит;

D1<sub>40</sub> — волосяные усадочные;

D2 — вертикальные смещения плит, которые вызывают образование неровностей в виде уступов или просадок;

D3 — разрушение кромок плит;

D4 — коробление плит;

элементы D1–D4 характерны для процесса интенсивного разрушения покрытия;

D5 — износ (истирание);

D6 — шелушение;

D7 — выбоины;

D8 — раковины;

элементы D5–D8 характерны для поверхности покрытия при достаточной прочности нижележащих слоев дорожной одежды;

D9 — проломы;

D10 — просадки и вспучивание;

элементы D9 и D10 характерны при разрушении дорожной одежды и деформации земляного полотна.

**Система "E".** Состояние дефекта. Количественным критерием, характеризующим состояние покрытия,

принята ровность покрытия по показателю IRI. По состоянию и степени разрушения цементобетонные покрытия разделяются на три типа, которые могут быть представлены элементами:

E1 — тип 1, характеризует деформации и незначительные разрушения покрытия при достаточной прочности дорожной одежды,  $IRI < 5$  мм/м ( $D1_{10}$ ,  $D1_{20}$ ,  $D1_{30}$ ,  $D1_{40}$ ,  $D3$ ),  $D2$  — высота уступа в швах не превышает 10 мм;

E2 — тип 2, характеризует деформации и значительные разрушения поверхности плит при достаточной прочности дорожной одежды,  $IRI = 5-7$  мм/м ( $D4$ ,  $D5$ ,  $D6$ ,  $D7$ ,  $D8$ ),  $D2$  — высота уступа в швах превышает 10 мм;

E3 — тип 3, характеризует разрушение дорожной одежды,  $IRI > 7$  мм/м ( $D2$ ,  $D6$ ,  $D7$ ,  $D9$ ,  $D10$ ),  $D2$  — положение плит не устойчивое (наблюдается качание плит), высота уступа в швах превышает 10 мм, наблюдается сетка трещин, разрушение достигает по глубине 50—100 мм.

Дорожным методическим документом ДМД 02191.2.005 [3], разработанным филиалом "Институт дорожных исследований", качественное состояние покрытия предложено оценивать расчетным коэффициентом разрушения  $m_p$ , который учитывает остаточный ресурс существующего покрытия и представляет собой отношение суммарной протяженности (или суммарной площади) участков дороги, требующих ремонта, к общей протяженности (или общей площади) оцениваемой дороги. Расчетное значение коэффициента разрушения определяется из выражения (2)

$$m_p = X + S t, \quad (2)$$

где  $X$  — среднее арифметическое значение коэффициента разрушения на рассматриваемом участке;

$S$  — стандартное отклонение коэффициента разрушения;

$t$  — коэффициент нормированного отклонения при допустимом уровне надежности, изменяемом от 1,06 до 2,19.

Элементы E1, E2, E3 могут быть представлены в виде факторов, в зависимости от величин IRI и  $m_p$ :

$$E1_{10} - IRI < 5, m_p < m_{дон};$$

$$E1_{20} - IRI = (5-7), m_p < m_{дон};$$

$$E1_{30} - IRI > 7, m_p \geq m_{дон};$$

$$E2_{10} - IRI = (5-7), m_p \geq m_{дон};$$

$$E3_{10} - IRI > 7, m_p \geq m_{дон}.$$

Вышеперечисленные факторы могут быть разделены на уровни в зависимости от IRI.

**Система "F"**. Вид ремонта. Система характеризуется следующими элементами:

F1 — содержание покрытия, зависит от  $E1_{10}$  и  $E1_{20}$ , элемент представлен факторами:

$$F1_{10} - \text{ремонт выбоин};$$

$$F1_{20} - \text{ремонт швов};$$

$$F1_{30} - \text{ремонт трещин и их герметизация};$$

F2 — текущий ремонт с устройством или без устройства защитного слоя, зависит от  $E1_{30}$ , элемент представлен факторами:

$$F2_{10} = F1_{10} - \text{ремонт выбоин};$$

$$F2_{20} = F1_{20} - \text{ремонт швов};$$

$$F2_{30} = F1_{30} - \text{ремонт трещин и их герметизация};$$

$$F2_{40} - \text{выравнивание поверхности плит в зоне шва};$$

$$F2_{50} - \text{устройство компенсационных швов};$$

$$F2_{60} - \text{устройство защитных слоев};$$

F3 — текущий ремонт с устройством защитного слоя, зависит от  $E2_{10}$ , элемент представлен факторами:

$$F3_{10} = F2_{10} = F1_{10} - \text{ремонт выбоин};$$

$$F3_{20} = F2_{20} = F1_{20} - \text{ремонт швов};$$

$$F3_{30} = F2_{30} = F1_{30} - \text{ремонт трещин и их герметизация};$$

$F3_{40} = F2_{40}$  — выравнивание поверхности плит в зоне шва;

$$F3_{50} = F2_{50} - \text{устройство компенсационных швов};$$

$$F3_{60} = F2_{60} - \text{устройство защитных слоев};$$

$$F3_{70} - \text{частичная замена плит};$$

$F3_{80}$  — выравнивание поверхности цементобетонного покрытия;

$$F3_{90} - \text{устройство прикромочного дренажа};$$

$F3_{100}$  — мероприятия по ограничению образования отраженных трещин;

F4 — реконструкция или капитальный ремонт с устройством нового покрытия, зависит от  $E3_{10}$ , элемент представлен факторами:

$F4_{50}$  — виброразрушение бетона и устройство нового покрытия;

$F4_{60}$  — укрепление основания (покрытия, дорожной одежды, откосов земляного полотна) путем нагнетания вяжущего раствора [4]. При укреплении основания покрытия ликвидируется качание плит и обеспечивается выравнивание покрытия. При укреплении основания дорожной одежды производится усиление конструкции. При укреплении откосов земляного полотна повышается устойчивость грунтов;

$$F4_{70} = F3_{70} - \text{полная и частичная замена плит};$$

$F4_{80} = F3_{80}$  — выравнивание поверхности цементобетонного покрытия;

$$F4_{90} = F3_{90} - \text{устройство прикромочного дренажа};$$

$F4_{100} = F3_{100}$  — мероприятия по ограничению образования отраженных трещин.

**Система "G"**. Дорожная конструкция. Система характеризуется следующими элементами:

G1 — новое покрытие, элемент представлен факторами:

$$G1_{10} - \text{без перевода в другую категорию};$$

$$G1_{20} - \text{с переводом в более высокую категорию};$$

$G1_{30}$  — с переводом в более низкую категорию (перевод при реконструкции цементобетонного покрытия в асфальтобетонное);

G2 — новая дорожная одежда, элемент представлен факторами:

$G2_{10}$  — перевод при реконструкции жесткой дорожной одежды в нежесткую;

$G2_{20}$  — перевод при реконструкции нежесткой дорожной одежды в жесткую;

G3 — отремонтированное покрытие, элемент представлен факторами:

$$G3_{10} - \text{отремонтированы дефекты 1-го типа};$$

$$G3_{20} - \text{отремонтированы дефекты 2-го типа};$$

$$G3_{30} - \text{отремонтированы дефекты 3-го типа};$$

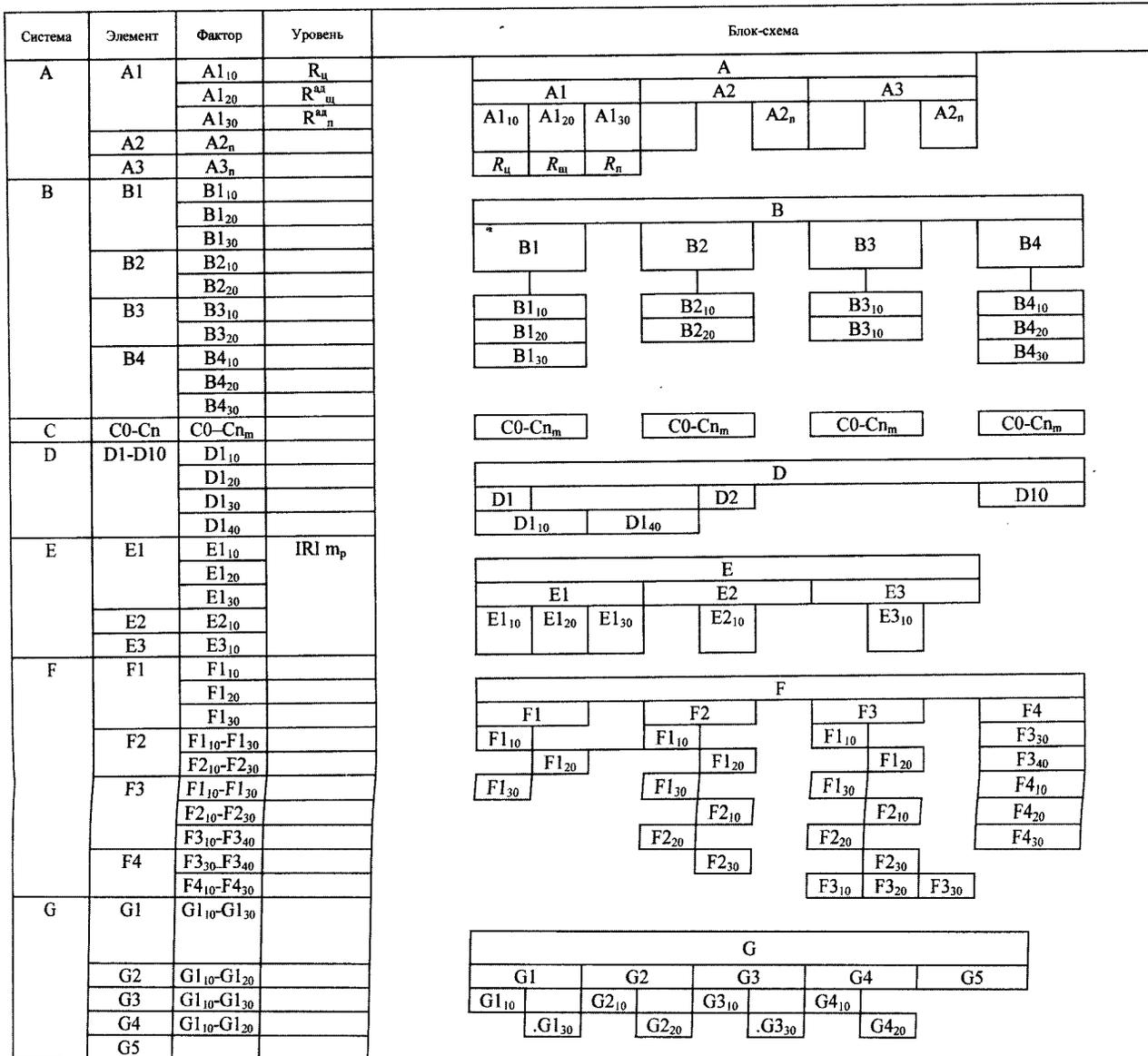


Рис. 1. Алгоритм выбора ремонта дорожной конструкции

G4 — отремонтированное основание, элемент представлен факторами:

- G4<sub>10</sub> — основание покрытия;
- G4<sub>20</sub> — основание дорожной одежды;
- G5 — отремонтированная дорожная одежда.

Блок-схема алгоритма изменения дорожной конструкции в результате возникновения дефектов и проведения ремонтных работ представлена на рис. 1.

**ХАРАКТЕРИСТИКА СВЯЗЕЙ МЕЖДУ СИСТЕМАМИ**

В результате разработки блок-схемы обозначены системы, определяющие алгоритм выбора метода ремонта:

- "А" — система, характеризующая исходную дорожную конструкцию на данный момент времени со всеми ее дефектами и разрушениями;
- "В" — система, отражающая причины возникновения дефектов;
- "С" — состояние системы "В", выражающееся в качественном положении отдельных составляющих элементов;

- "D" — система, отражающая виды дефектов;
- "E" — состояние системы "D", выражающееся в количественном положении элементов;
- "F" — система, зависящая от системы "D" и ее состояния — системы "E";
- "G" — система, отражающая систему "A" в результате ее качественного изменения.

Таким образом, система "А" переходит в систему "G", а для последующего ремонта она становится системой "А". Для правильного выбора способа ремонта, а точнее комплекса ремонтных работ, необходимо собрать сведения по количественному и качественному состоянию отдельных дефектов, установить причины их образования и классифицировать в зависимости от значимости этих причин, которые влияют на скорость и масштабность разрушения.

Между отдельными системами существуют логические связи.

- Система "А" (конструкция) имеет следующие связи:
  - 1) "А→В" (односторонняя). Вид дорожной конструкции (покрытия) определяет причину возникновения дефектов. У цементобетонного или асфальтобетонного покрытия

эти причины различны и основаны на материаловедческих, технологических, ситуационных и эксплуатационных факторах. Материаловедческие факторы — такие как вяжущее вещество, добавки, каменный и песчаный материалы. Технологические — приготовление и укладка смеси, обеспечение набора прочности. Ситуационные факторы — подземные воды, рельеф, растительность, заторфованность территории. Эксплуатационные факторы включают условия сезонного содержания. Все эти факторы будут определять причину дефекта;

2) "A→E" (односторонняя). Компоненты цементобетона — цементный камень, щебень, песок — будут влиять на состояние дефекта, то есть на его прогрессирование;

3) "A↔G" (двусторонняя). Исходная конструкция переходит в результате ремонта в измененную, которая становится исходной для последующих ремонтов.

Система "B" (причина) имеет следующие связи:

1) система "B" является следствием системы "A";

2) "B→D". Причина приводит к возникновению дефекта. Устранение дефекта должно начинаться с ликвидации причины;

3) "B→E". Причина оказывает влияние на состояние дефекта.

Система "C" (значимость причины) имеет следующие связи:

1) система "C", с одной стороны, является производной системы "B", а с другой — определяющей стратегию ремонтных работ;

2) "C→D". Значимость причины приводит к различным дефектам;

3) "C→E". Значимость причины может привести к большим разрушениям бетона либо к незначительным,

что будет отражаться на эксплуатационном состоянии покрытия и в целом дороги;

4) "C→F". Основная практическая взаимосвязь заключается в выборе вида и способа ремонта.

Система "E" (состояние дефекта) имеет следующую связь:

1) "E→F". Качественное и количественное состояние дефекта влияет на выбор ремонтных работ.

Система "F" (вид ремонта) имеет следующую связь:

1) "F→G". Все проводимые ремонтные работы приводят в качественному изменению исходной конструкции.

Система "G" (новая конструкция) является следствием всех предыдущих систем и в свою очередь переходит в систему "A", замыкая алгоритм.

## ВЫВОДЫ

- 1 Невозможно качественно выполнить ремонт конструкции не устранив причину образования ремонтируемого дефекта.
- 2 Определяющими в представленном алгоритме являются системы "B, C, E". Любые ремонтные работы должны быть выполнены по всему циклу алгоритма. Последовательность или комплексность проводимых работ зависит от значимости причины разрушения, выразившейся в состоянии конструкции.
- 3 Представленный алгоритм имеет замкнутый характер, что позволяет выполнять оценку дорожной конструкции на любой стадии ее изменения, а также планировать проведение научных исследований при расширении диапазона варьирования любого фактора, входящего в состав элемента.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по ремонту цементобетонных покрытий автомобильных дорог: ДМД 02191.2.005-2006. — Минск, 2006. — 58 с.
2. Леонович, И. И. Диагностика и управление качеством автомобильных дорог / И. И. Леонович [и др.]. — Минск: БНТУ, 2002. — 357 с.
3. Бабаскин, Ю. Г. Укрепление грунтов инъектированием при ремонте автомобильных дорог / Ю. Г. Бабаскин; под ред. И. И. Леоновича. — Минск: Технопринт, 2002. — 177 с.
4. Леонович, И. И. Содержание и ремонт автомобильных дорог. Ч. 1. Общие вопросы содержания и ремонта дорог, машины и материалы / И. И. Леонович. — Минск: БНТУ, 2003. — 270 с.

Статья поступила в редакцию 17.06.2009.