

ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Товкач П.А.

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется разработке систем поддержки принятия решений в различных областях знаний. Однако на практике исследователи не достаточно свободно владеют аналитическими методами, поэтому приходится динамически подстраивать формы представления аналитических расчетов непосредственно под каждого. В классическом варианте, когда реализуются программные модули аналитической обработки, это требует значительных временных затрат, причем неизвестно – будут ли они работоспособны в плане поддержки принятия решений именно данным лицом [1]. В связи с этим предлагается методика интеграции пользовательских приложений, реализованных в различных инструментальных средах. Методика представлена упорядоченной совокупностью включенных методов и их алгоритмической структурой с привязкой к разнородной системе баз данных и баз знаний.

Задачи автоматизации выбора конструктивных параметров режимов работы агрегатов

Автоматизация процесса поддержки принятия решения, отличная от прямого доступа к «сырым» данным требует использования моделей. При этом поиск вывода данных из базы также осуществляется при помощи процесса, инициируемого моделью. Управление моделями менее исследовано по сравнению с двумя другими компонентами системы поддержки принятия решений (СППР), однако в этой области ведется активный поиск. Управление моделями обеспечивается с помощью следующих средств:

- системы управления базой моделей (СУБМ), используемой для поиска, генерации, преобразования параметров и реструктурирования моделей, включения "справочника модели" с целью поддержки информации о доступных моделях;
- блока выполнения моделей, предназначенного для управления прогонкой модели и осуществления связи между моделями;
- процессора команд моделирования, необходимого для интерпретации инструкций моделирования, получаемого из блока управления диалогом, и направления выработанных команд в СУБМ или блок выполнения моделей;
- интерфейса с базой данных, используемого для поиска элементов данных в базе, прогонке моделей и хранения выходной информации модели с целью дальнейшей обработки, рассмотрения или использования ее в качестве входных данных другой модели.

Анализ и систематизация задач в области моделирования производства смесей и оценки их качества с целью выбора конструктивных параметров и рациональных режимов работы производственных агрегатов привела к схеме исследований, приведенной на рисунке 1. Верхний уровень связан с принятием управленческих решений по выбору типов агрегатов. Свойства смесей существенно влияют на эффективность использования агрегатов, поэтому необходима разработка формализованных моделей технологических процессов производства смесей.

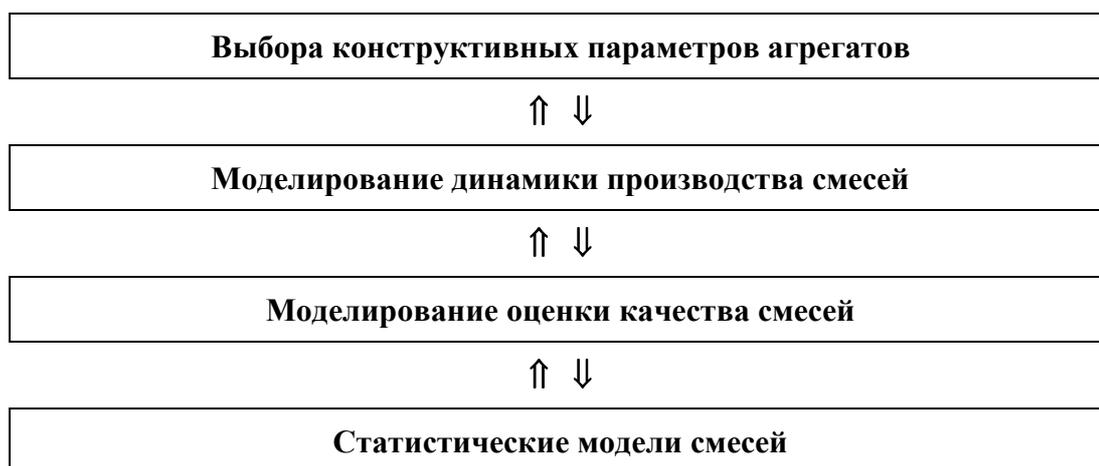


Рисунок 1- Взаимосвязь задач автоматизации выбора конструктивных параметров режимов работы агрегатов

Решение задач среднего уровня связано с определением оптимальных режимов работы агрегатов по выпуску смесей. Основой расчета должна быть совокупность математических моделей описания процесса производства смеси, что дает основу для расчета технических характеристик агрегатов. В свою очередь модели анализа характеристик смесей и формальные методы оптимизации дают основу задачам синтеза, которые вместе с экспертными оценками составляют основу методологии выбора типов агрегатов и режимов их работы [2].

Организационная структура АБЗ

Деятельность асфальтобетонного завода зависит от деятельности его структурных подразделений. На рисунке 2 приведена схема организационной структуры типового предприятия по выпуску бетона и асфальтобетонных смесей.

К основным АРМам асфальтобетонного завода относятся: Бухгалтерия, Лаборатория, Смесительный цех, Транспортный цех, Диспетчерская.

Исходя из организационной структуры предприятия, функции контроля качества закреплены за испытательной лабораторией, которая является самостоятельным структурным подразделением предприятия по производству асфальтобетонных смесей и подчиняется директору. Основной задачей лаборатории является испытание и контроль качества продукции в целях определения ее соответствия обязательным требованиям государственных стандартов, норм и правил.

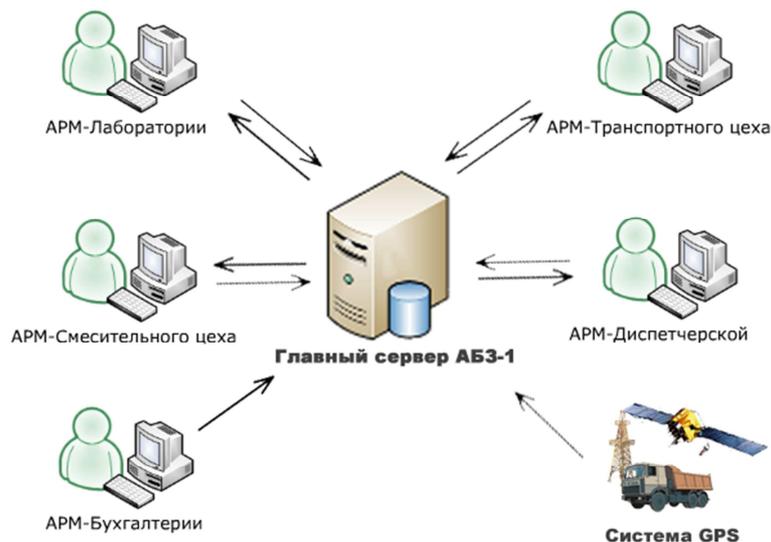


Рисунок 2 - Организационная структура типового предприятия по выпуску бетона и асфальтобетонных смесей

В процессе своей деятельности лаборатория выполняет контроль показателей качества продукции в соответствии с регламентами технологических карт и схем оперативного контроля. В задачи лаборатории также входит обеспечение требуемого уровня точности и достаточности измерений, испытания и контроля. Лаборатория выполняет проведение испытаний на всех стадиях производства продукции (постановка на производство, входной, операционный и выходной контроль). Лаборатория должна постоянно пополнять и обновлять всю необходимую для работы нормативно-техническую документацию, а также регулярно вести необходимую лабораторную документацию в виде журналов:

- отбора проб и образцов;
- изготовления образцов;
- испытаний и контроля;
- составных материалов;
- режимов технологических процессов;
- замечаний и предписаний проверяющих организаций;
- претензий и рекламаций и др.

Контроль делится на этапы: входной, операционный, приемочный и периодический.

При входном контроле устанавливается соответствие качества исходных материалов в каждой поступившей на завод партии требованиям действующих нормативно-технических документов с соответствующими записями в журналах.

Операционный контроль исходных материалов осуществляется лабораторией завода не реже одного раза в 10 смен, с определением помимо показателей входного контроля:

- содержание пылевидных и глинистых частиц для щебня и песка;
- влажность щебня, песка и минерального порошка и др.

При приемочном контроле смеси в лаборатории определяют следующие показатели:

- состав смеси (зерновой состав минеральной части и содержание битума);
- водонасыщение;
- пределы прочности при сжатии при температуре +20°C и +50°C;
- водостойкость и др.

Периодический контроль выполняется не реже 1 раз в месяц и при изменении исходных материалов, с определением помимо показателей, предусмотренных при приемочном контроле:

- пористости минеральной части;
- предела прочности при сжатии при температуре 0°C;
- водостойкости при длительном водонасыщении;
- однородность смесей и др.

Для контроля качества лаборатория завода отбирает пробы от каждой выпущенной партии одного состава, на одной смесительной установке в течение одной смены (объемом не более 600тн по ГОСТ 9128-97г.).

Показатели указанных составов должны соответствовать требованиям ГОСТ 9128 и ГОСТ 31015 для каждого конкретного типа и вида смеси или другим нормативно-техническим документам на конкретно выпускаемую продукцию.

Организация процедур контроля

Для организации процедур контроля предлагается использование выборочных планов последовательного типа, которые более предпочтительны по соображениям большей мощности. По сравнению со статическими планами они требуют меньшего объема выборки (количества контрольных замеров). При динамическом контроле, обозначая количество дефектных изделий m , процентная частота попадания в выборке равна $P = \frac{m}{n} \cdot 100$. Для бесконечно большой генеральной совокупности границы

коридора имеют вид:

$$\pi^+ = \left(p + \frac{z^2}{2n} \right) + z \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}, \quad \pi^- = \left(p - \frac{z^2}{2n} \right) - z \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}. \quad (1)$$

Для конечных генеральных совокупностей используется поправка на конечность $\sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$. Способ определения доверительного интервала для относительной частоты генеральной совокупности основан на нормальном приближении и вычисляется на основании:

$$\pm P = \frac{p + \frac{z^2}{2n} \pm \sqrt{\frac{p(1-p)}{n} + \frac{z^2}{4n^2}}}{1 + \frac{z^2}{n}} \quad (2)$$

На рисунке 3 приведены границы коридора в ситуациях принятия и отклонения гипотез о соответствии качества.

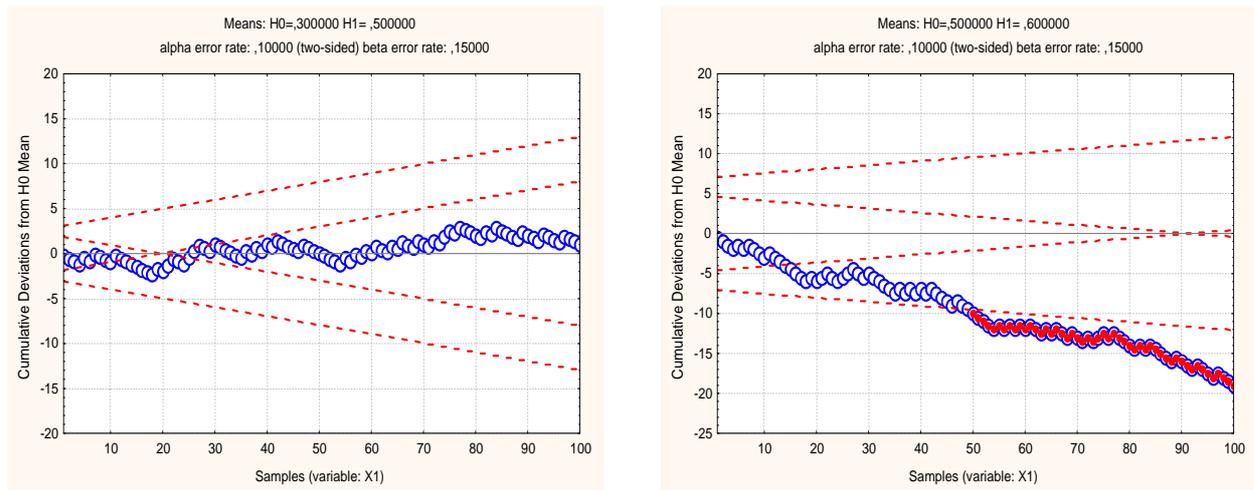


Рисунок 3 - Проверка гипотез качества продукции

В результате такой поход дает возможность организации адаптивного контроля для установления соответствия уровня качества продукции требуемому уровню, причем начиная построения с различных начальных точек реализуется динамическая идентификация пороговых точек изменения качества.

Формальные модели карт контроля качества

Ставится и решается задача формализации моделей контроля качества и принципов их включения в систему поддержки принятия решений управления производством готовой продукции.

Значения верхнего и нижнего контрольных пределов карты вычисляются на основе дисперсии наблюдений/измерений. При равенстве объемов выборок данный метод расчета приводит к получению постоянных значений контрольных пределов для всех выборок, при различных объемах выборок для разных выборок получаются различные значения контрольных пределов. Такие контрольные пределы изображаются на карте «ступенчатой» линией.

При использовании метода Отдельные пределы в X-карте и R-карте, согласно которому дисперсия оценивается по выборочным размахам, сигма процесса (стандартное отклонение для совокупности измерений) определяется как:

$$\sigma = (r_1 / d_2 + \dots + r_k / d_2) / k$$

для каждой из k выборок с объемом n больше 1, где $r_1 \dots r_k$ - размахи для каждой из k выборок и d_2 - постоянная для данного объема выборок. Стандартная ошибка среднего, $\sigma_{cp.}$, рассчитывается как:

$$\sigma_{cp.} = \sigma / ((n_1 + \dots + n_k) / k)^{1/2}.$$

а стандартная ошибка размаха, $\sigma_{разм.}$, находится следующим образом:

$$\sigma_{разм.} = (d_3 (Cp. N))^* \sigma,$$

где d_3 - постоянная для данного объема выборки, а $Cp. N$ - округленный средний объем выборок. При использовании метода верхний контрольный предел (ВКП) и нижний контрольный предел (НКП) для каждой j-той выборки X-карты рассчитываются по формулам:

$$НКП_j = M - ((q * \sigma) / n_j^{1/2}), ВКП_j = M + ((q * \sigma) / n_j^{1/2}),$$

где M - взвешенное среднее выборочных средних, а q - множитель, по умолчанию равный 3.

Нижний контрольный предел (НКП) и верхний контрольный предел (ВКП) R-карты для каждой j-той выборки рассчитываются по формулам:

$$НКП_j = \max((d_2(n_j) * \sigma - (q * d_3(n_j) * \sigma)), 0),$$

$$ВКП_j = d_2(n_j) * \sigma + (q * d_3(n_j) * \sigma).$$

Разработаны расчетные алгоритмы для контрольных пределов для С-карты, U-карты, Np-карты и P-карты. При применении метода для С-карт получаются одинаковые значения контрольных пределов для всех выборок. В данном случае ВКП и НКП для С-карты рассчитываются по формулам:

$$НКП = \max((M - (q * M^{1/2})), 0), ВКП = M + (q * M^{1/2}),$$

где M - взвешенное среднее выборочных средних чисел дефектов, а q - множитель, по умолчанию равный 3. Для U-карт, при расчете НКП и ВКП для каждой j-той выборки используются формулы:

$$НКП_j = \max((M - (q * (M / n_j)^{1/2})), 0), ВКП_j = M + (q * (M / n_j)^{1/2}),$$

где M - взвешенное среднее выборочных средних чисел дефектов, q - множитель, по умолчанию равный 3, а n_j - объем выборок. В Np-картах НКП и ВКП для каждой j-ой выборки находятся как:

$$НКП_j = \max((n_j * p - (q * (n_j * p * (1 - p))^{1/2})), 0),$$

$$ВКП_j = \min((n_j * p - (q * (n_j * p * (1 - p))^{1/2})), n_j),$$

где p - взвешенное среднее выборочных процентов дефектов. Для Р-карт НКП и ВКП для каждой j -той выборки находятся аналогично.

В картах скользящего среднего для расчета НКП и ВКП используются те же формулы, что и для установления контрольных пределов в R-картах, за исключением того, что вместо $N=1$ используется $N=2$ (поскольку скользящие размахи всегда вычисляются от двух смежных наблюдений). Таким образом, нижний и верхний контрольный предел для карт скользящего среднего находится как:

$$НКП_j = M - (q * (\sigma / \min(j, N_{точек})) * ((1 / n_{1+\max(j-N_{точек}, 0)}) + \dots + (1 / n_j))^{1/2},$$

$$ВКП_j = M + (q * (\sigma / \min(j, N_{точек})) * ((1 / n_{1+\max(j-N_{точек}, 0)}) + \dots + (1 / n_j))^{1/2},$$

где M - взвешенное среднее выборочных средних, σ - оценка сигмы процесса на основе выборочных стандартных отклонений, а $N_{точек}$ - протяженность скользящего среднего. НКП и ВКП для карт экспоненциально взвешенного скользящего среднего вычисляются по формулам:

$$НКП_j = M - (q * \sigma * w * cfactor^{1/2}), \quad ВКП_j = M + (q * \sigma * w * cfactor^{1/2}),$$

где w - весовой параметр (лямбда) и $cfactor$ - поправочный фактор, рассчитываемый как сумма данных выражений от $k=0$ до $j-1$:

$$(1 - w)^{2j} / n_{j-k}.$$

Если задано несколько наборов, то значения $cfactor$ будут рассчитаны для каждого набора, т.е., начиная с первой выборки каждого диапазона значений.

Так, после проведения значительного объема работ в лаборатории контроля качества осуществляется метрологическая аттестация (проверка) всех средств измерений, которыми оборудован асфальтобетонный завод. К таким средствам измерения относятся весовые дозаторы минеральных материалов и битума. Аттестацию осуществляют специальные организации, имеющие лицензии проверки, при необходимости осуществляют ремонт дозаторов. Подобная работа проводится также применительно к средствам измерения, имеющимся в лаборатории. Вся эта работа направлена на выявление причин выпуска дефектной продукции (Таблица 1).

Темпоральная логика в задачах принятия решений

В результате, такой подход к выявлению причин дефектов с указанием экспертами способов их устранения в соответствии с характеристиками агрегатов, приводит к задаче построения СППР.

На основании проведенного анализа временных логик в качестве базовой для проведения временных рассуждений была принята временная логика с часами TLC (Temporal Logic with Clock). TLC является расширением временной логики, семантика

которой такова, что каждая формула при конкретной временной интерпретации ассоциируется со своими локальными часами, т.е. с подпоследовательностями последовательности натуральных чисел, мыслимой как “глобальная” временная шкала (глобальные часы).

Таблица 1 - Дефекты асфальтобетонной смеси и способы их устранения.

Дефекты	Причины	Способы устранения
Синий дымок над смесью	Смесь прогрета выше 200°C	Регулировать температурный режим приготовления на заводе
Наличие в смеси включений в виде комочков из минерального порошка	Использован непросушенный минеральный порошок; избыток битума, минерального порошка; недостаточное перемешивание	Не применять непросушенный минеральный порошок. Уточнить дозировку материалов, соблюдать время перемешивания
Смесь имеет битумные пятна или пленку, щебенки не покрыты битумом	Недостаточное и неправильное перемешивание	Откорректировать время перемешивания и выбрать оптимальную технологию приготовления смесей
Комья в смеси	Смесь охлаждена при транспортировании, избыток пылеватых частиц	Перевозить смесь в автомобилях большой грузоподъемности, оборудованных устройством для обогрева. Закрывать сверху смесь матами или плотными брезентовыми чехлами
Смесь трудно разрабатывается	Низкая температура смеси, увеличенное количество минерального порошка, недостаточное перемешивание	Повысить температуру смеси до требуемой, проверить дозировку и производить раздельное перемешивание (сначала «сухое», а потом с битумом)
Наличие в смеси щебня незаданной фракции	Разрыв сетки грохота	Заменить сетку грохота

При этом конкретные значения формула приобретает в соответствии с семантикой TLC только для моментов времени на её локальных часах. В остальные моменты времени значение формулы не определено.

В TLC помимо обычных временных операторов \square и \diamond (“всегда” и “иногда”) используются ещё два временных оператора - first и next, интуитивный смысл которых заключается в следующем:

- first A: формула A истинна в первый момент времени,

Словарь TLC включает помимо констант, переменных, функциональных и предикатных символов примитивные пропозициональные связки \rightarrow и \wedge , универсальный

квантор \forall и три временных оператора: *first* (начальный момент времени), *next* (следующий момент времени) и \square (всегда).

Определения правильно построенных формул (ппф) вводятся следующим образом.

1. Временной атом определяется рекурсивно:

- если p является n -местным предикатным символом, а e_1, \dots, e_n - термы, то $p(e_1, \dots, e_n)$ - временной атом;
- если A - временной атом, то временными атомами являются также *first* A , *next* A .

2. ппф определяются рекурсивно:

- все временные атомы суть ппф;
- если A и B - ппф, то ппф будут также и $\neg A$, *first* A , *next* A , $\square A$;
- если A и B - ппф, то ппф будет также и $(A \wedge B)$;
- если A - ппф, x - переменная, свободная в A , то ппф будет также и $(\forall x) A$.

Логические связки \vee , \rightarrow , \Leftrightarrow и квантор существования \exists могут быть получены из примитивных связок и универсального квантора обычным путём. Для временного оператора \diamond (иногда) также используется обычное определение:

def

$$\diamond A = \neg \square \neg A .$$

Исчисление часов вводится следующим образом. Пусть ω обозначает множество натуральных чисел $\{0, 1, 2, \dots\}$.

3. Глобальные часы представляют возрастающая последовательность натуральных чисел, т.е., $\langle 0, 1, 2, \dots \rangle$. Локальные часы - это подпоследовательность глобальных часов, т.е. ограниченно возрастающая последовательность натуральных чисел, конечная или бесконечная.

Пусть $t \in sk_i$ означает факт, что t является моментом времени на часах sk_i . СК означает множество всех часов, R - отношение порядка, заданное на элементах $СК^2$ (здесь 2 - показатель декартовой степени множества СК) таким образом, что для любых $sk_1, sk_2 \in СК$, имеет место $sk_1 R sk_2$, если и только если для всех $t \in sk_1$ имеет место $t \in sk_2$.

4. Присваиванием часов sk является отображение из множества LP предикатных символов во множество часов СК, т.е. $sk \in [LP \rightarrow СК]$. Нотация $sk(p)$ означает часы, ассоциированные с предикатным символом p при данном присваивании часов sk .

5. Пусть A - формула и sk - присваивание часов. Локальные часы sk_A ассоциированные с A , определяются рекурсивно следующим образом:

- если A есть временной атом $p(x_1, \dots, x_n)$, то $sk_A = sk(p)$;
- если $A = \text{first } B$, $\neg B$, $\square B$ или $(\forall x) B$, то $sk_A = sk_B$;
- если $A = (B \wedge C)$, то $sk_A = sk_B \downarrow sk_C$.
- если $A = \text{next } B$, то (1) $sk_A = \langle t_0, \dots, t_{n-1} \rangle$, когда $sk_B = \langle t_0, \dots, t_n \rangle$ являются непустой конечной последовательностью; (2) $sk_A = sk_B$, когда sk_B является бесконечной или пустой последовательностью.

Значением любого предикатного n -местного символа p фактически является частичное отображение из ω в $P(\text{Dom } n)$, где Dom - область интерпретации, $\text{Dom } n$ - n -я декартова степень множества Dom и $P(\text{Dom } n)$ - множество всех подмножеств множества $\text{Dom } n$.

Таким образом, при любом конкретном присваивании часов, для любого $t \in \text{sk}(p)$ в соответствии с данным частичным отображением найдётся некоторое подмножество множества $\text{Dom } n$, между тем, как для моментов времени, не входящих в $\text{sk}(p)$, образ не определён.

Система доказательства содержит множество аксиом и множество правил вывода. Помимо аксиом логики первого порядка определены аксиомы и правила вывода, связанные с временными операторами и присваиванием часов:

Заключение

Проведен анализ и систематизация задач в области моделирования выпуска асфальтобетонных смесей и оценки их качества с целью выбора конструктивных параметров и рациональных режимов работы производственных агрегатов. Проведен анализ принципов построения систем поддержки принятия решений по производству асфальтобетонных смесей с использованием статистических методов контроля качества и динамических экспертных систем. Разработана универсальная модель расчета и сравнительного анализа эмпирических моделей статистического анализа оценки качества продукции для обеспечения требуемого уровня точности и достаточности измерений, испытаний и контроля. Для организации процедур контроля качества разработана методика формирования выборочных планов последовательного типа, которые более предпочтительны по соображениям большей мощности и по сравнению со статическими планами требуют меньшего количества контрольных замеров качества. Решена задача формализации моделей контроля качества для карт скользящего размаха с контрольными пределами и принципов их включения в систему поддержки принятия решений по управлению оценкой качества производства готовой продукции и автоматизации формирования карт контроля качества асфальтобетонных смесей. Разработаны методы и модели, направленные на выявление причин выпуска дефектной продукции, и с использованием темпоральных логик сформированы методики экспертного опроса способов их устранения в соответствии с характеристиками агрегатов, что позволяет учитывать факты старения агрегатов для выработки рациональных решений.

Список информационных источников

- [1] Котлярский Э.В., Воечко О.А. Долговечность дорожных асфальтобетонных покрытий и факторы, способствующие разрушению структуры асфальтобетона в процессе эксплуатации. - М.: МАДИ, 2007. - 135 с.
- [2] Леонович И.И., Колосковая Я.В. Учет свойств асфальтобетона при диагностике автомобильных дорог // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог. Тр. / БелдорНИИ. / Минск, 2002. Вып. 14, с. 111-121.