



УДК 539.4:624.07

С.С. Айвазян, Е.С. Беденко
ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

РАЦИОНАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМ

При изучении курса «Сопротивление материалов» встречаются случаи, когда для определения внутренних усилий недостаточно одних уравнений статики, требуется еще составлять дополнительные уравнения деформаций (перемещений). Характерной особенностью статически неопределеных систем является то, что распределение усилий в них зависит не только от внешних сил, но и от соотношений между поперечными размерами отдельных элементов. Если элементы системы изготовлены из различных материалов, то распределение усилий зависит также от модулей упругости этих материалов.

Расчет статически неопределенной системы начинается с анализа ее схемы, который необходим, прежде всего, для того, чтобы установить степень статической неопределенности.

Степень статической неопределенности равна числу так называемых лишних связей, удаление которых превращает статически неопределенную систему в определимую геометрически неизменяющую систему.

Для балочных и рамных систем степень статической неопределенности определяется следующей формулой:

$$\Lambda = 3 \cdot K + C_0 - III - 3,$$

где K – число замкнутых контуров; C_0 – число опорных связей; III – число простых (приведенных) шарниров.

На рис. 1 приведена рама. Определить степень статической неопределенности.

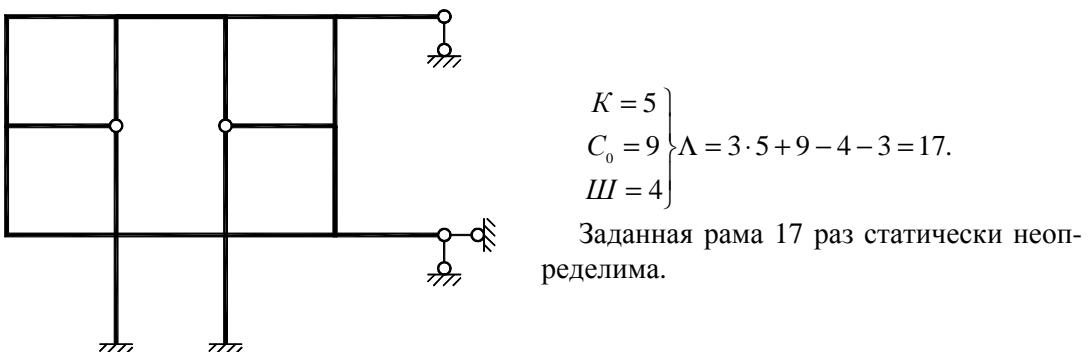


Рисунок 1

Существует множество методов расчета статически неопределенных систем, например, неразрезную балку можно рассчитать как методом сил, так и методами: перемещений, смешанным, комбинированным. Количество неизвестных каждого метода зависит не только от жесткости, но и от симметрии самой системы и от нагрузки.

Самым рациональным методом принято называть тот, который позволяет за короткий промежуток времени рассчитать заданное сооружение на заданную нагрузку.

Рассмотрим расчет симметричной рамы на действие ветровой нагрузки (рис. 2, a).

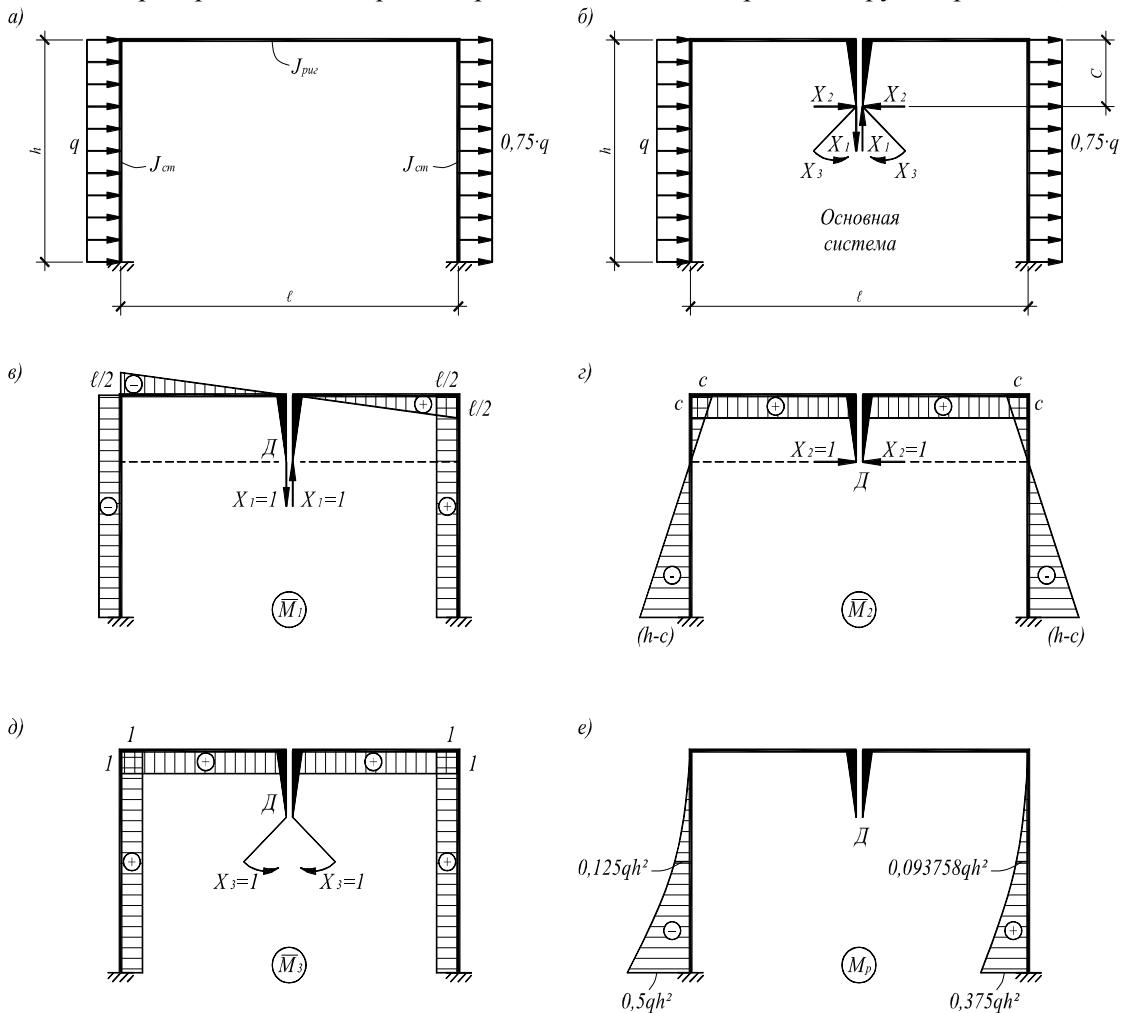


Рисунок 2

На рис. 2 приведены основная система, единичные и грузовые эпюры, перемножение которых между собой по способам Верещагина и Симпсона-Корноухова дает следующий результат:

$$\delta_{12} = \delta_{21} = 0; \quad \delta_{13} = \delta_{31} = 0; \quad \delta_{23} = \delta_{32} \neq 0; \quad \Delta_{1p} \neq 0; \quad \Delta_{2p} \neq 0; \quad \Delta_{3p} \neq 0.$$

Следовательно, канонические уравнения запишутся в виде

$$\begin{aligned} \delta_{11} \cdot X_1 + \Delta_{1p} &= 0, \\ \delta_{22} \cdot X_2 + \delta_{23} \cdot X_3 + \Delta_{2p} &= 0, \\ \delta_{23} \cdot X_2 + \delta_{33} \cdot X_3 + \Delta_{3p} &= . \end{aligned} \quad (1)$$

Для того чтобы вычислить перемещения, следует определить величину c (длина абсолютно жесткой консоли). Она может быть найдена из условия равенства нулю перемеще-

ния

$$\delta_{23} = \delta_{32} = \frac{\ell \cdot c \cdot 1}{E \cdot J_{pu2}} - 2 \cdot \frac{1 \cdot h \cdot (h/2 - c)}{E \cdot J_{cm}} = 0.$$

Отсюда

$$c = \frac{h^2}{E \cdot J_{cm}} \cdot \left(\frac{\ell}{E \cdot J_{cm}} + \frac{2 \cdot h}{E \cdot J_{cm}} \right).$$

Если принять $\frac{\ell}{h} = n$; $\frac{J_{pu2}}{J_{cm}} = m$, то $c = \frac{m \cdot h}{n + 2 \cdot m}$, а вторая единичная эпюра будет иметь

следующий вид (рис. 3):

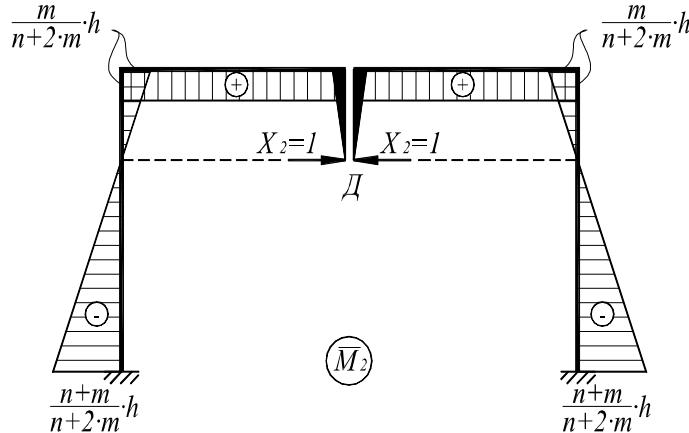


Рисунок 3

Так как все побочные перемещения равны нулю, то уравнение (1) запишется в виде

$$\begin{aligned} \delta_{11} \cdot X_1 + \Delta_{1p} &= 0, \\ \delta_{22} \cdot X_2 + \Delta_{2p} &= 0, \\ \delta_{23} \cdot X_2 + \Delta_{3p} &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Определив перемещения δ_{ii} и Δ_{ip} ($i = 1, 2, 3$), а также $X_i = -\Delta_{ip} / \delta_{ii}$, можно построить

окончательную эпюру изгибающих моментов по формуле (рис. 4)

$$M = M_p + \bar{M}_1 \cdot X_1 + \bar{M}_2 \cdot X_2 + \bar{M}_3 \cdot X_3$$

$$M_{12} = M_{10} = (78 \cdot m^2 + 157 \cdot m \cdot n) \cdot q \cdot h^2 / \varphi_2;$$

$$M_{21} = M_{23} = (90 \cdot m^2 + 169 \cdot m \cdot n) \cdot q \cdot h^2 / \varphi_2;$$

$$M_{01} = (174 \cdot m^2 + 397 \cdot m \cdot n + 87 \cdot n^2) \cdot q \cdot h^2 / \varphi_2;$$

$$M_{32} = (162 \cdot m^2 + 359 \cdot m \cdot n + 81 \cdot n^2) \cdot q \cdot h^2 / \varphi_2,$$

где $\varphi_2 = 96 \cdot (m + 2 \cdot n) / (6 \cdot m + n)$.

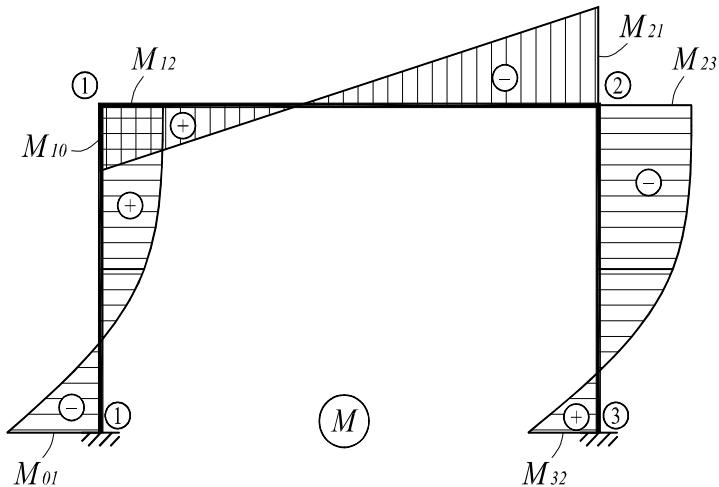


Рисунок 4

По полученной эпюре изгибающих моментов строятся эпюры поперечных и продольных сил.

Рассмотрим расчет трехпролетной одноэтажной симметричной рамы на действие симметричной вертикальной нагрузки (рис. 5,а).

Степень статической неопределенности приведенной рамы равна $\Lambda = 3 \cdot K + C_0 - III - 3 = 3 \cdot 0 + 8 - 0 - 3 = 5$.

Учитывая симметрию самой рамы и заданной нагрузки, она дважды неопределенна.

Степень кинематической неопределенности равна $n = n_{y_2} + n_x = 4 + 1 = 5$.

Но учитывая симметрию системы и нагрузки, она кинематически также дважды неопределенна. Так как при расчете методом перемещений единичные и грузовая эпюры строятся по табличным данным, а коэффициенты канонических уравнений определяются намного проще, то предпочтение отдается методу перемещений.

Основная система, единичные и грузовая эпюры приведены на рис. 5. Канонические уравнения метода перемещения для системы с двумя неизвестными запишутся в виде

$$r_{11} \cdot Z_1 + r_{12} \cdot Z_2 + R_{1p} = 0,$$

$$r_{21} \cdot Z_1 + r_{22} \cdot Z_2 + R_{2p} = 0.$$

Так как для получения основной системы в жесткие узлы введены две моментные связи под номером 1 и две моментные связи под номером 2, то реактивные усилия r_{kk} , r_{ik} , R_{kp} определяются как сумма двух слагаемых:

$$r_{11} = r'_{11} + r''_{11}; \quad r_{11} = r'_{12} + r''_{12}; \quad r_{22} = r'_{22} + r''_{22};$$

$$R_{1p} = R'_{1p} + R''_{1p}; \quad R_{2p} = R'_{2p} + R''_{2p}.$$

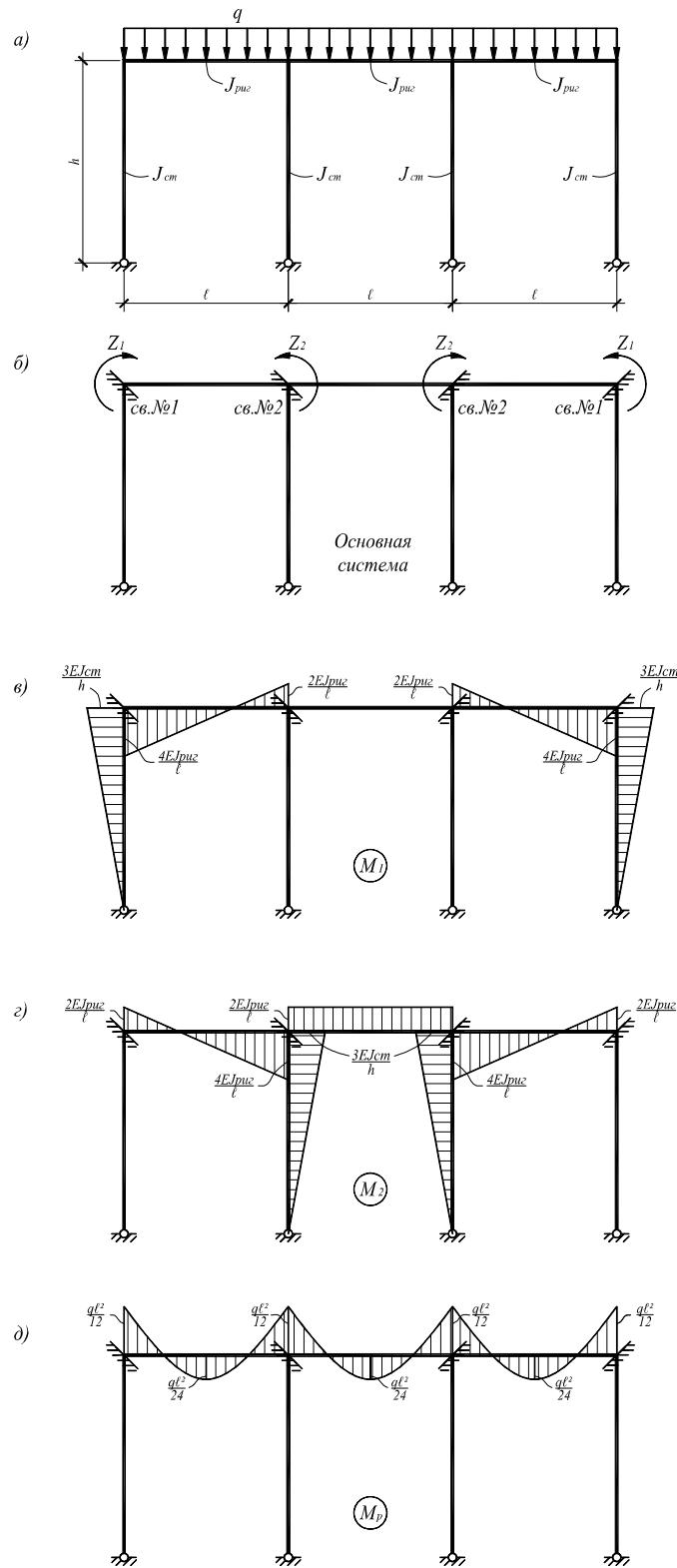
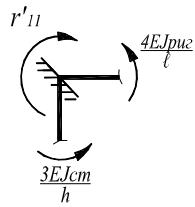
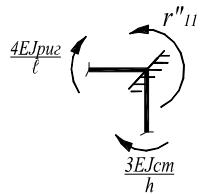


Рисунок 5

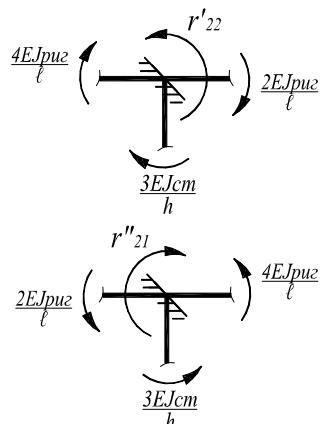


$$\sum M_{y_3} = 0; \\ r'_{11} - \frac{4EJ_{pu2}}{\ell} - \frac{3EJ_{cm}}{h} = 0; \quad r'_{11} = E \cdot \left(\frac{4J_{pu2}}{\ell} + \frac{3J_{cm}}{h} \right).$$



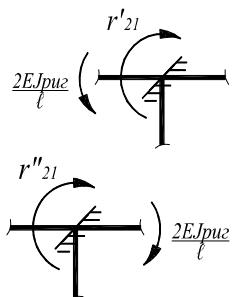
$$\sum M_{y_3} = 0; \\ \frac{3EJ_{cm}}{h} + \frac{4EJ_{pu2}}{\ell} - r''_{11} = 0; \quad r''_{11} = E \cdot \left(\frac{3J_{cm}}{h} + \frac{4J_{pu2}}{\ell} \right).$$

Следовательно, $r_{11} = 2r'_{11} = 2E \cdot \left(\frac{4J_{pu2}}{\ell} + \frac{3J_{cm}}{h} \right) = \frac{2EJ_{cm}}{\ell} (4m + 3n)$.



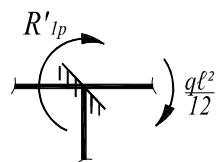
$$\sum M_{y_3} = 0; \\ \frac{4EJ_{pu2}}{\ell} + \frac{2EJ_{pu2}}{\ell} + \frac{3EJ_{cm}}{h} - r'_{22} = 0; \\ r'_{22} = 3E \cdot \left(\frac{2J_{pu2}}{\ell} + \frac{J_{cm}}{h} \right).$$

Следовательно, $r_{22} = 2r'_{22} = 6E \cdot \left(\frac{J_{pu2}}{\ell} + \frac{J_{cm}}{h} \right) = \frac{6EJ_{cm}}{nh} (2m + 1)$.

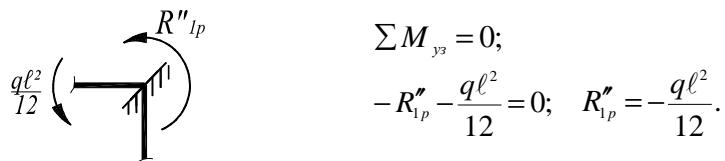


$$\sum M_{y_3} = 0; \\ r'_{21} - \frac{2EJ_{pu2}}{\ell} = 0; \quad r'_{21} = \frac{2EJ_{pu2}}{\ell}.$$

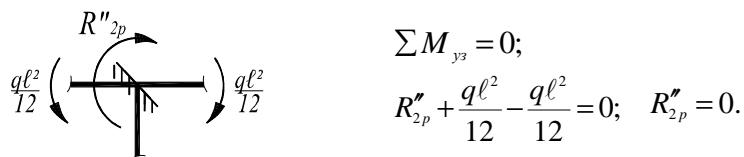
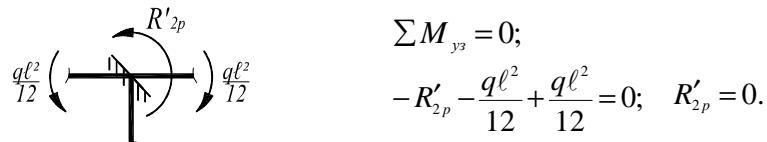
Следовательно, $r_{12} = r_{21} = r'_{21} + r''_{21} = 0$.



$$\sum M_{y_3} = 0; \\ R'_{1p} + \frac{q\ell^2}{12} = 0; \quad R'_{1p} = -\frac{q\ell^2}{12}.$$



Следовательно, $R_{1p} = -2R'_{1p} = -\frac{q\ell^2}{6}$.



Следовательно, $R_{2p} = R'_{2p} + R''_{2p} = 0$.

Подставив значения реактивных усилий, а также решив систему двух уравнений с двумя неизвестными, можно построить эпюру изгибающих моментов по формуле $M = M_p + \bar{M}_1 \cdot Z_1 + \bar{M}_2 \cdot Z_2$ (рис. 6).

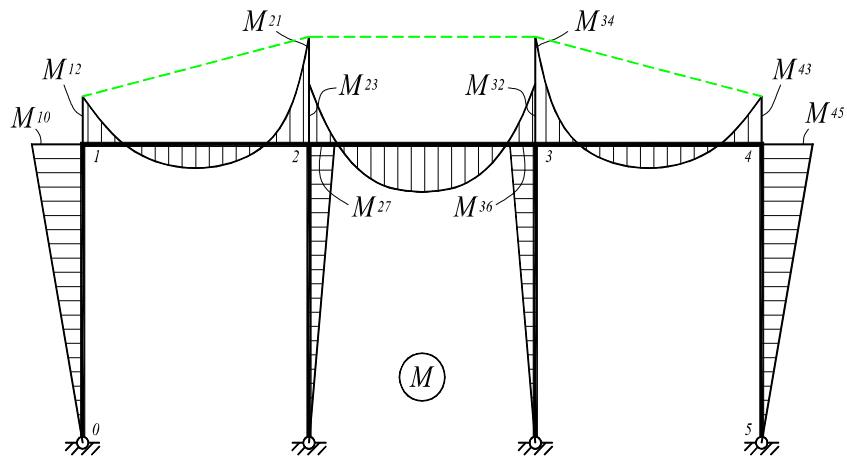


Рисунок 6

Узловые моменты имеют следующие значения:

$$M_{10} = M_{12} = M_{43} = M_{45} = \frac{3n \cdot (2m + 3n)}{4F_3} \cdot q\ell^2;$$

$$M_{21} = M_{34} = \frac{F_3 + 2m \cdot (2m + 9n)}{12F_3} \cdot q\ell^2;$$

$$M_{23} = M_{32} = \frac{F_3 + 4m \cdot (m + 3n)}{12F_3} \cdot q\ell^2;$$

$$M_{21} = M_{36} = \frac{mn}{2F_3} \cdot q\ell^2;$$

где $m = \frac{J_{pu\omega}}{J_{cm}}$; $n = \frac{\ell}{h}$; $F_3 = 20m^2 + 54mn + 27n^2$.

Получено 28.04.11

УДК 625.711.2

Касымов А.Е., Рамазанов Д.А., Косбаев С.Ж.
ВКГТУ им. Д.Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**ВЛИЯНИЕ ПРОМЕРЗАНИЯ НА ВОДНЫЙ РЕЖИМ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА
И МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА**

Влияние сезонного промерзания на устойчивость дорожных конструкций в условиях II-IV дорожно-климатических зон хорошо известно и достаточно изучено. Исследованиями А.М. Каменева и других ученых установлено, что зимнее промерзание является основной причиной недостаточной прочности и устойчивости земляного полотна и всей дорожной конструкции [1]. В Юго-Восточном Казахстане зимний период длится 3,5-4,5 месяца с суммой отрицательных температур от 600-700 до 1400-1500 градусо-суток.

Отдельные авторы отмечали отрицательное влияние мороза на устойчивость земляного полотна и дорожных одежд в указанных районах [2], однако специальных исследований, посвященных этому вопросу, до последнего времени не проводили.

Приведенные ниже результаты наблюдений и их анализ являются первой попыткой вскрыть региональные особенности режима промерзания и его влияния на зимнее влагонакопление и пучение земляного полотна в различных природно-климатических зонах Восточного Казахстана.

Для определения среднего значения климатических параметров (среднемесячная температура и влажность воздуха, среднее за месяц количество осадков), крайнего значения климатических параметров (абсолютная минимальная и абсолютная максимальная температура воздуха, суточный максимум осадков), температуры воздуха наиболее холодных суток и наиболее холодной пятидневки, которые рассчитаны как значение, соответствующее обеспеченности 0,98 и 0,92 из ранжированного ряда температуры воздуха наиболее холодных суток, рассмотрим климотологию СНиП 2.04-01-2001 года [3].

На основании данных температуры воздуха наиболее холодных суток и наиболее холодной пятидневки, рассчитанных как значение, соответствующее обеспеченности 0,98 и 0,92 из ранжированного ряда температуры воздуха наиболее холодных суток, были построены изолинии (рис. 1). На рис. 2 - изолинии продолжительностью в одни сутки и средней температурой воздуха 0 С°, за период со среднесуточной температурой воздуха ≤ 8 0 С°. На рис. 3 - изолинии количества осадков за холодный (ноябрь-март) период времени, рассчитанного как сумма среднемесячных значений. Они характеризуют высоту слоя воды, образовавшегося на горизонтальной поверхности от выпавшего дождя, мороза, обильной росы и тумана, растаявшего снега, града и снежной крупы при отсутствии стока, просачивания и испарения.

Заданные значения температуры воздуха наиболее холодных суток (пятидневок) заданной обеспеченности определялись методом интерполяции по интегральной кривой распределения температуры наиболее холодных суток (пятидневок), построенной на вероятностной сетчатке.

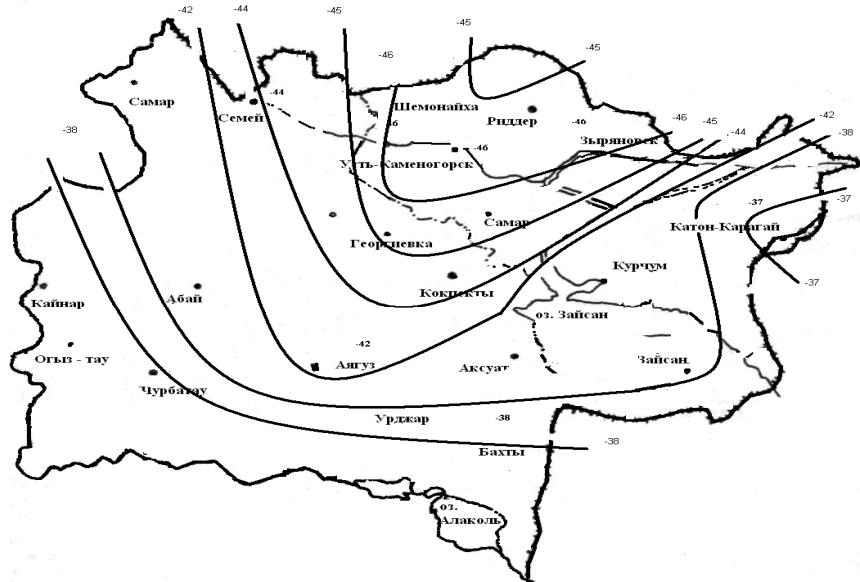


Рисунок 1 – Температура воздуха наиболее холодных суток ($^{\circ}\text{C}$) обеспеченностью 0,98.

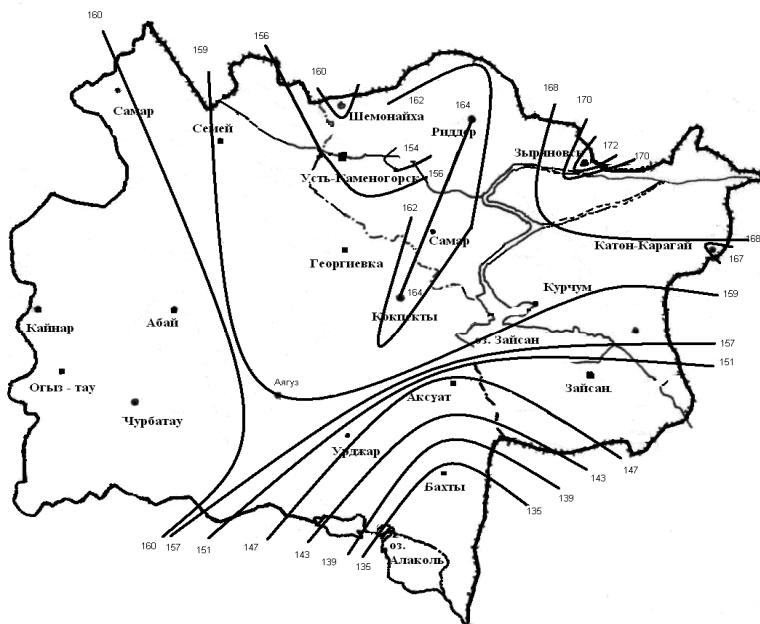


Рисунок 2 - Изолинии продолжительностью в одни сутки и средней температурой воздуха 0°C за период со среднесуточной температурой воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$

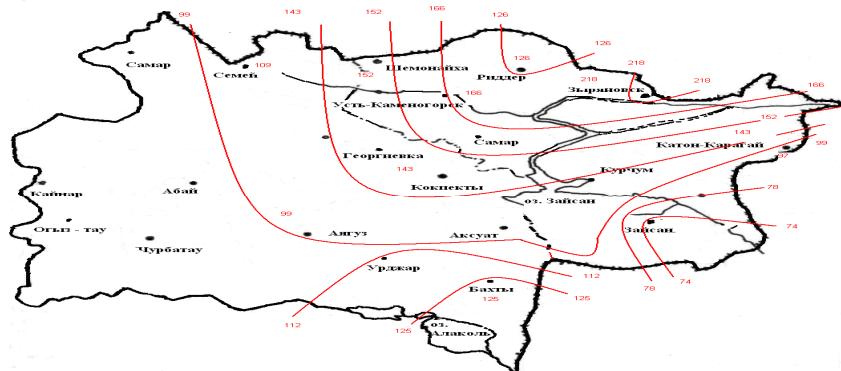


Рисунок 3 - Изолинии количества осадков за ноябрь-март

Глубина промерзания зависит от продолжительности промерзания; типа, механического состава и влажности грунтов; толщины снежного покрова, теплофизических свойств. Из года в год их значения существенно отклоняются от среднемноголетних. Например, по станции Урджар при среднемноголетней глубине промерзания 50 см за зиму 2003-2004 гг. почва промерзла на 140 см (при снеге 23 см), а 2004-2005 гг. – на 121 см (при снеге 36 см).

В Восточном Казахстане продолжительность зимы составляет в среднем 150-170 дней, минимум - на крайнем юге 132-139 дней (Бахты, Тансык), максимум – 188, 203 дня (Орловский поселок, Маркаколь – замкнутая межгорная котловина).

По значениям среднезимних температур (данные метеостанций) и длительности зимы составлена карта изолиний градусо-дней мороза (рис. 4). На карте видно, что количество морозо-дней постепенно возрастает с юга на запад от 1200 до 2800 гр/дней, за исключением Зайсанской котловины (2400) и отдельных горных районов (Риддер, Катон-Карагай – по 1700). Однако из-за малочисленности данных и сложности рельефа проводить четкие границы очень затруднительно. Поэтому они должны уточняться по мере накопления фактических данных.

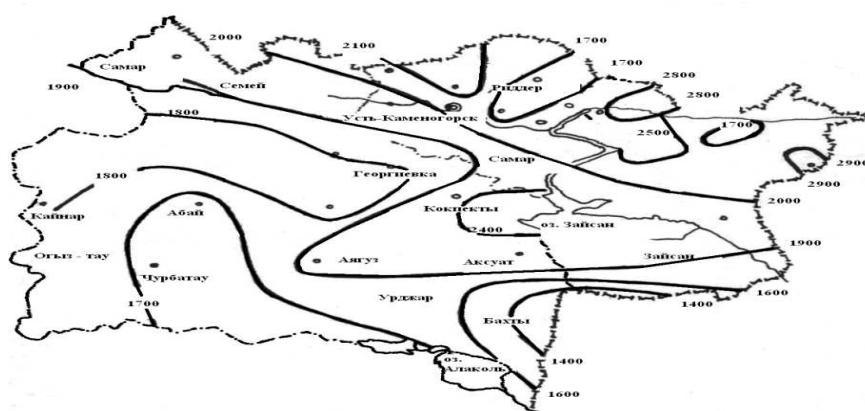


Рисунок 4 - Изолинии градусо-дней мороза Восточно-Казахстанской области

Детальное картирование территории Восточного Казахстана по расчетным параметрам: глубине и скорости промерзания, климатическому коэффициенту α , встречает затруднения ввиду того, что метеостанций, ведущих наблюдения за глубиной промерзания

почвы, очень мало (всего 14), на оголенных площадках наблюдения вообще не ведутся, не имеется до сих пор сколько-нибудь систематических данных о глубине промерзания на дорогах, кроме того, сложные гидрогеологические особенности района не позволяют обобщать данные различных пунктов и т.д.

Однако, используя карты глубин промерзания, составленные расчетными методами с фактическими наблюдениями, можно получить приближенные значения α и z_{max} . По нашим расчетам для Восточного Казахстана коэффициент α имеет значения от 140 до 250 $\text{см}^2/\text{сутки}$, а скорости промерзания 1-3 $\text{см}/\text{сутки}$ при глубинах промерзания 170-300 см. Поскольку карты составлены очень укрупнено (для всего Казахстана) и не учитывают местных особенностей отдельных территорий (особенно горных) приведенные параметры могут быть использованы для ориентировочных расчетов. Поэтому составлена изолиния для проектирования морозоустойчивых дорожных конструкций на основании систематических наблюдений за глубиной промерзания на дорогах Восточного Казахстана (рис. 5, 6).

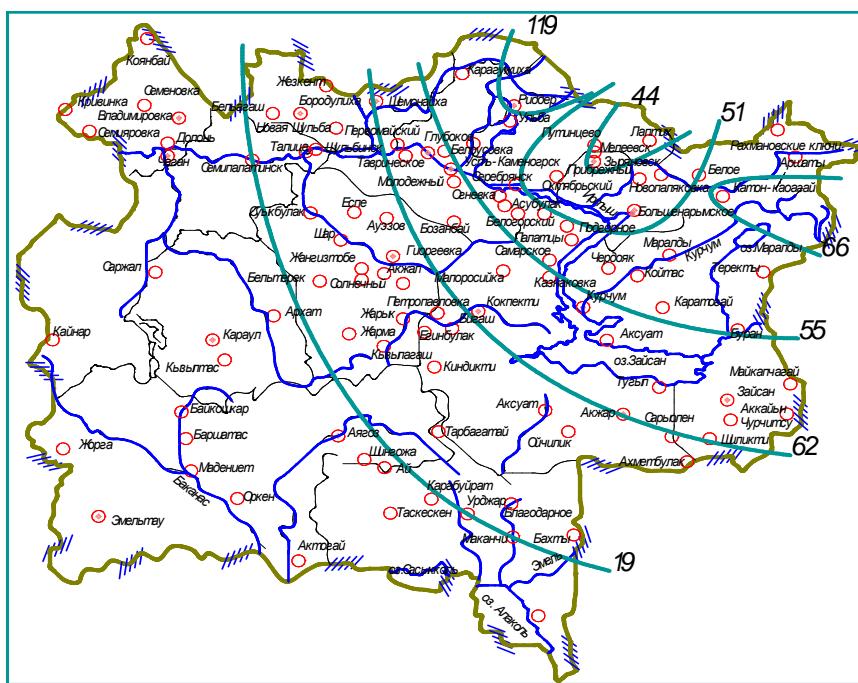


Рисунок 5 - Глубина промерзания почвы (средняя, многолетняя (см)) по Восточному Казахстану

В результате полевых наблюдений на постах установлено, что промерзание грунта поддорожной одежды вызывает изменения его первоначальной влажности. На участках с глубоким залеганием грунтовых вод влага накапливается в промерзшем слое и ее содержание в талых слоях уменьшается. Перераспределение влаги из талых слоев в зону промерзания отчетливо проявляется в пылеватых суглинистых грунтах в условиях пустынно-степной, степной и лесной зон. В песчаных грунтах пустынной зоны увеличение влажности грунта незначительно. Накопление влаги отмечается в верхней части земляного полотна толщиной 40-80 см, что составляет около 60 % общей глубины промерзания грунта. Зона повышенной влажности в суглинистых грунтах резко отделяется от зоны осушения, влажность которой близка к оптимальной влажности по стандартному уплотнению.

В зоне накопления распределение влаги по глубине неравномерно. Обычно самый верхний и наиболее уплотненный слой земляного полотна 10-25 см менее увлажнен, чем нижние, менее плотные слои (рис. 7).

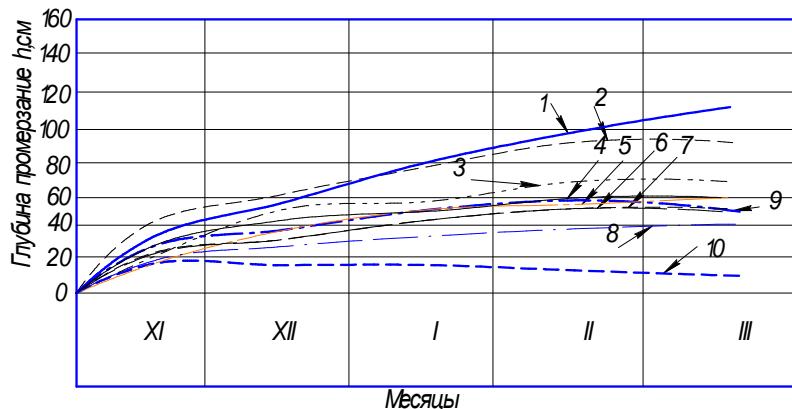


Рисунок 6 – Кривые промерзания грунта по постам с ноября по март на территории Восточного Казахстана в 2003-2004 гг.: 1) Риддер - глубина промерзания: начало - от 28 см, конечный - 112 см; 2) Чалабай - глубина промерзания: начало - от 38 см, конечный - 90 см; 3) Катон-Карагай - глубина промерзания: начало - от 29 см, конечный - 62 см; 4) Шемонаиха - глубина промерзания: начало - от 25 см, конечный - 60 см; 5) Зайсан - глубина промерзания: начало - от 16 см, конечный - 60 см; 6) Самарка - глубина промерзания: начало - от 20 см, конечный - 50 см; 7) Большенарымское - глубина промерзания: начало - от 20 см, конечный - 54 см; 8) Зыряновск - глубина промерзания: начало - от 19 см, конечный - 41 см; 9) Кокпекты - глубина промерзания: начало - от 25 см, конечный - 53 см; 10) Урджар - глубина промерзания: начало - от 15 см, конечный - 7 см

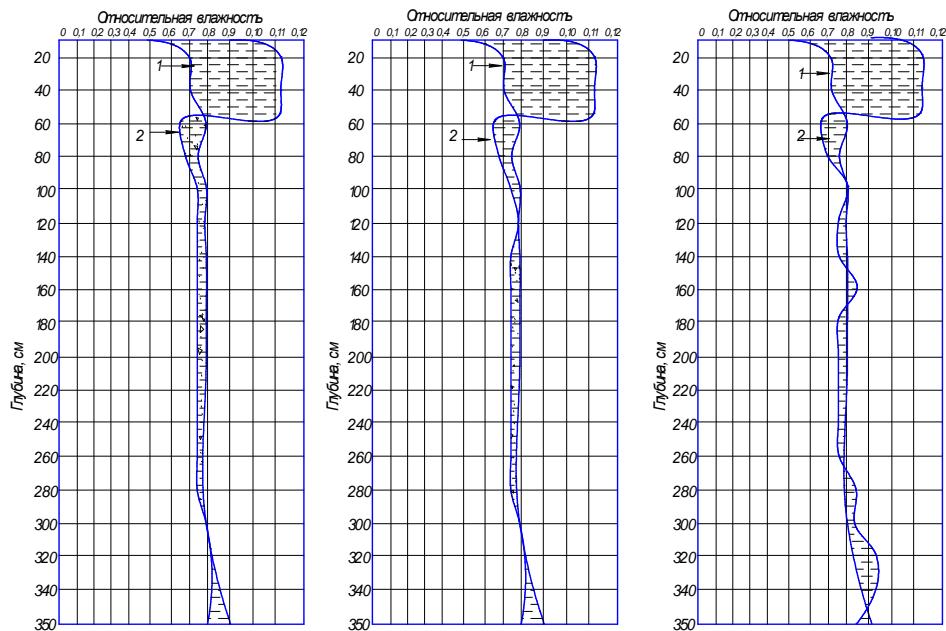


Рисунок 7 - Распределение влажности грунта по глубине земляного полотна.

1- перед промерзанием; 2 - в конце промерзания по постам

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы. В результате экспериментальных наблюдений была разработана карта Восточного Казахстана самых холодных градусо-дней, количества осадков, средней температуры, глубины промерзания и распределения влажности земляного полотна. Ссылаясь на эти данные, в дальнейшем можно облегчить труд строителей и проектировщиков автодорожных специальностей.

Список литературы

- 1 Каменев А.М. Проектирование и сооружение земляного полотна дорог в специфических природных условиях // Труды Союздорнии. - М., 1970. - Вып. 4.
- 2 Пузаков Н.А. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог. - М.: Автотрансиздат, 1960.
- 3 Строительная климатология. СНиП РК 2.04-01-2001. Комитет по делам строительства Министерства экономики и торговли РК. - Астана, 2002. - 114 с.
- 4 А.с. № 63511. Способ определения деформации уплотняемого грунта, позволяющий быстро и достаточно точно для практического применения определять деформацию грунтового основания автомобильной дороги / А.Е. Касымов. - Опубл. 28.01.2008 г.).
- 5 А.с. № 62276. Способ определения давления грунтового основания автомобильных дорог на асфальтобетонное покрытие в связи водно-теплового режима / А.Е. Касымов. - Опубл. 12.05.2008.

Получено 17.05.11

УДК 625.75: 519.3

С.Н. Киялбай

КазАДИ им. Л.Б. Гончарова, г. Алматы

РАСЧЕТ ГЛУБИНЫ ПРОМЕРЗАНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА С УЧЕТОМ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Одним из принципов упрощения методов расчета водно-теплового режима является замена нестационарных процессов стационарными. Возможность применения в ряде случаев такого принципа расчета можно обосновать следующим образом. Связь между водным и тепловым режимами удобно характеризовать критерием А.В. Лыкова [1]:

$$Lu = \frac{a_{ж}}{a}, \text{ где } a_{ж}, a - \text{коэффициенты влаго- и температуропроводности.}$$

Критерий Lu характеризует взаимосвязь тепло- и массопереноса, т.е. интенсивность изменения поля потенциала *влагообмена* относительно изменения поля температуры. Коэффициенты $a_{ж}, a$ обуславливают скорость выравнивания температуры и влажности в слое. Чем больше $a_{ж}$ или a , тем быстрее все точки тела достигнут одинаковой влажности или температуры.

На основе метода теплотехнического расчета проезжей части как слоистой системы температура на любом уровне n в пределах периода ΔT может быть рассчитана по формуле

$$t_n = t_e + (t_e - t_s) \frac{R_n + \Sigma R_n}{R}, \quad (1)$$

где R_n – тепловое сопротивление, характеризующее теплообмен покрытия с воздухом;

ΣR_n – тепловое сопротивление слоев, расположенных выше плоскости n ; R – суммарное тепловое сопротивление всех слоев конструкции до глубины H .

При промерзании грунта с влажностью W и плотностью δ на глубину Δh за период ΔT выделится скрытой теплоты:

$$q_1 = \rho W \delta \Delta h. \quad (2)$$

За это же время через промерзший слой пройдет снизу вверх следующее количество тепла

$$q_2 = \lambda \frac{\Delta T}{\Delta h} (t_{\text{л}} - t_0). \quad (3)$$

Выражение для расчета глубины h_{np} промерзания дорожной конструкции как слоистой системы имеет вид

$$h_{np} = \sqrt{\frac{\lambda \cdot T \cdot K_{yn}}{\rho_{on} \cdot W \cdot \delta} \left[t_{\text{л}} - t_B + (t_B - t_{\Gamma}) \frac{R_{\text{п}} + R_0}{R} \right]}, \quad (4)$$

где λ – коэффициент теплопроводности мерзлого грунта, ккал/м·ч·град; ρ – скрытая теплота льдообразования, равная 80 ккал/кг; W – влажность грунта, %; ρ_{on} – оптимальная плотность грунта при стандартном уплотнении, т/м³; $t_{\text{л}}, t_{\Gamma}, t_{\text{п}}$ – температура воздуха, грунта и льдообразования; R_0 – тепловое сопротивление дорожной одежды, град·м²/Вт:

$$R_0 = \frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2} + \frac{h_3}{\lambda_3}, \quad (5)$$

где h_1, h_2, h_3 – толщина слоев, м; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – коэффициенты теплопроводности; K_{yn} – коэффициент уплотнения слоя дорожной одежды, $K_{yn} = p_{ec}/\rho_{on}$; p_{ec} – естественная плотность слоя дорожной одежды, т/м³; R – общее тепловое сопротивление, град·м²/Вт:

$$R = \frac{H'}{\lambda_{op}} + \frac{h_c}{\lambda_c}, \quad (6)$$

где H' – глубина, на которой принимается температура t_{Γ} ; λ_{op} – коэффициент теплопроводности грунта поля; h_c – толщина снегового покрова в поле с коэффициентом теплопроводности λ_c .

В формулах (4-6) значения W , λ , δ , t_B , t_{Γ} , λ_{op} , h_c , λ_c определяются средними за период промерзания t . Коэффициенты теплопроводности материалов дорожной одежды можно принимать по данным профессора Н.А. Пузакова (табл. 1) [2], а для слоев суглинистых грунтов из табл. 2 и рис. 1 (данные автора).

Коэффициент теплопроводности снега λ_c можно принять ориентировочно: для свежевыпавшего снега (начало зимнего периода) – 0,23; для уплотненного снега (середина зимнего периода) – 0,44; начало таяния (конец холодного периода) – 0,59.

Таблица 1
Коэффициенты теплопроводности материалов дорожной одежды

Слой дорожной одежды	Коэффициент теплопроводности, $Bm/(m \cdot \text{град})$	Слой дорожной одежды	Коэффициент теплопроводности, $Bm/(m \cdot \text{град})$
Цементобетон на прочном щебне	1,28	Шлакобетон (1 500 кг/м ³)	0,70
Цементобетон на пористом щебне	0,87	Шлакобетон (1 200 кг/м ³)	0,52
Крупнозернистый асфальтобетон	1,05	Щебень из гранита	2,56
Мелкозернистый асфальтобетон	0,76	Щебень из песчаника и кварцита	2,09
Сборные железобетонные покрытия	1,57	Щебень из известняка	1,63
Тощий бетон	0,87	Песчано-гравийная смесь	2,62
		Битумо- и цементогрунт	2,09

Таблица 2
Значения коэффициента теплопроводности и плотности для грунтов различной влажности

W, %	Суглинистые грунты			W, %	Суглинистые грунты		
	$p, \text{г}/\text{см}^3$	$\lambda, Bm/(m \cdot \text{град})$	1		$p, \text{г}/\text{см}^3$	$\lambda, Bm/(m \cdot \text{град})$	3
8	1,7	1,88	20	1,7	2,95		
	1,6	1,64		1,6	2,57		
	1,5	1,43		1,5	2,33		
	1,4	1,22		1,4	1,93		
	1,3	1,12		1,3	1,77		
15	1,7	2,36	30	1,7	3,71		
	1,6	2,13		1,6	3,42		
	1,5	1,81		1,5	3,07		
	1,4	1,55		1,4	2,75		
	1,3	1,28		1,3	2,55		
18	1,7	2,79	40	1,7	3,94		
	1,6	2,41		1,6	3,16		
	1,5	2,22		1,5	2,75		
	1,4	1,77		1,4	2,38		
	1,3	1,46		1,3	2,21		

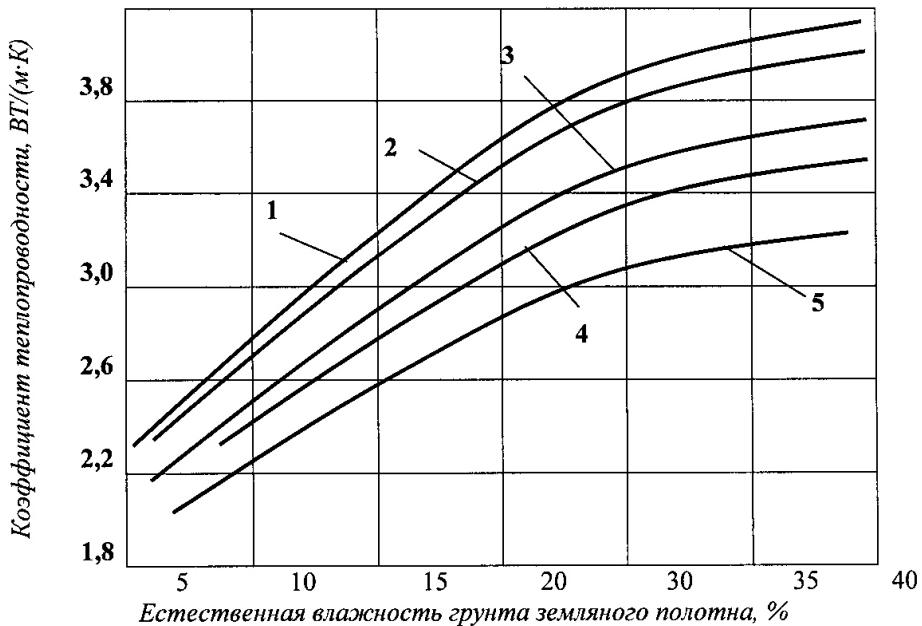


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента теплопроводности от плотности и влажности грунтов земляного полотна: 1–5 – число замеров

При расчете глубины промерзания грунтов земляного полотна значения температуры льдообразования можно принимать по табл. 3 [3, 4].

Таблица 3
Значения температуры льдообразования для различных грунтов

Грунт	$t_{\text{л}}, ^\circ\text{C}$	Грунт	$t_{\text{л}}, ^\circ\text{C}$
Среднезернистые пески	от - 0,4 до - 0,6	Тяжелые пылеватые суглинки	от - 0,9 до - 1,4
Легкие супеси	от - 0,2 до - 0,6	Пылеватые глины, тяжелые пылеватые супеси	от - 1,2 до - 2,0
Легкие пылеватые пески	от - 0,3 до - 0,5		

Значения t_B, t_{Γ} на глубине H' , v – скорость ветра, принимаются по климатологическому справочнику или данным гидро- и агрометеорологических станций. Рекомендуется значения t_{Γ} принимать для стандартно наблюдаемой в агрометеорологии глубины H' , равной 3,2 или 3,0 м.

Поскольку аномальные отклонения практически затухают в слое H , то при расчете глубины промерзания принимаются среднемесячные t_{Γ} . Значения t_B можно принимать среднесуточные, декадные или месячные. Соответственно необходимо усреднять за эти периоды и значения h_C .

По величине скорости ветра v принимаются значения R_n [1, 3 - 6]:

v , м/сек.....	1	2	3	4	5	6-7	8-10
R_n , $\text{град} \cdot \text{м}^2 / \text{Вт}$	0,14	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04

Поскольку величина R_n мало влияет на h , то при назначении R_n можно принимать среднемесячные значения v .

Для теоретического исследования определения глубины промерзания грунта из n слоев дорожной одежды воспользуемся уравнением (4).

Для определения глубины промерзания грунта при различной теплопроводности верхнего слоя дорожной одежды необходимо сначала определить глубину промерзания грунта экспериментального участка с дорожной конструкцией, указанной в разделе экспериментальных исследований (табл. 2). Согласно данной таблицы значения дорожной конструкции следующие: 1-й (верхний) слой – асфальтобетон толщиной $h_1 = 0,05 \text{ м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_1 = 0,69 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; 2-й слой – $h_2 = 0,08 \text{ м}$, $\lambda_2 = 1,32 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; 3-й слой – $h_3 = 0,18 \text{ м}$, $\lambda_3 = 1,12 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; 4-й слой – $h_4 = 0,18 \text{ м}$, $\lambda_4 = 2,52 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; грунт полотна – суглинок тяжелый, пылеватый $t_{\text{л}} = -0,9^{\circ}\text{C}$, $W_{\text{ср}} = 15,2 \%$, $p = 1,67 \text{ м}^3$ и $\lambda = 1,32 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Метеорологические данные можно принимать из климатологического справочника и СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика». Необходимые для расчета исходные характеристики приведены в табл. 4. Из табл. 1-3, приведенных ранее, по значениям влажности и плотности грунта были определены его теплопроводность и температура льдообразования.

Пример расчета. Район прохождения трассы. Западный регион Казахстана [5, 6].

1. *Постановка задачи.* При влажности грунта W , плотности p и теплопроводности λ определить глубину промерзания грунта для климатических условий Западного региона Казахстана. При этом, согласно СНиП 2.01.01-82, для тяжелого пылеватого суглинка, характерного для Западного региона Казахстана, температуру льдообразования принимаем равной $t_{\text{л}} = -0,9^{\circ}\text{C}$.

Для определения глубины промерзания грунта земляного полотна в полевых условиях на участках автомобильных дорог «Актобе–Атырау–гр РФ (г. Астрахань)» (км 23+000), «Доссор–Кульсары» (км 47+500) и «Кульсары–Бейнеу» (км 242+000) нами были отобраны пробы материалов дорожной одежды и в специальной дорожной лаборатории «ГУ Атыраужлаборатория» были проанализированы их классификационные свойства, а в теплофизической лаборатории Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата – уточнялись коэффициенты теплопроводности λ с учетом их естественной влажности $W_{\text{ср}}$ и коэффициента уплотнения K_y .

2. *Исходные данные.* Расчетные показатели по метеорологическим условиям представлены в табл. 1-4. Среднее значение скорости ветра на весь период (при промерзании грунта) принимаем по климатическим справочникам, равное $v_{\text{ср}} = 7,8 \div 9,2 \text{ м/сек}$, а тепловое сопротивление, характеризующее теплообмен покрытия с воздухом, – $R_n = 0,04 \text{ град} \cdot \text{м}^2 / \text{Вт}$. Среднегодовую толщину выпавшего снега за весь период промерзания принимаем: для Мангистауской области – 0,04 м; Атырауской – 0,05 м, Актюбинской – 0,12 м и Западно-Казахстанской области – 0,14 м.

Таблица 4
Метеорологические показатели Атырауской области

Показатели	Зимний период года, месяцы				
	XI	XII	I	II	III
Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	-0,1	-6,6	-9,3	-7,3	0,8
Сред. температура воздуха с ноября месяца, $^{\circ}\text{C}$	-0,1	-3,4	-5,3	-5,8	-4,5
Температура грунта на глубине $H' = 3,2 \text{ м}$, $^{\circ}\text{C}$	6,7	5,4	4,1	3,1	2,5
Средняя температура грунта, $^{\circ}\text{C}$	6,7	6,0	5,5	4,9	4,4
Скорость ветра, м/сек	5,0	5,7	6,3	6,5	5,5
Влажность грунта, %	18	20	22	24	26
Продолжительность промерзания на конец каждого месяца, ч	720	1464	2208	2928	560

В табл. 5 приведены сводные результаты этих испытаний для проведения теоретических расчетов и показатели теплопроводности асфальтобетонных смесей, согласно СНиП 2.01.01-82, в качестве исходных материалов.

3. Алгоритмы расчета приведены в формулах (1-6) [1, 2, 6-8].

4. Ход решения. По формуле (6), подставляя значения толщины каждого слоя и коэффициента теплопроводности его материалов, определяем тепловое сопротивление дорожной одежды. В качестве примера рассматриваем участок км 40+500 автомобильной дороги «Доссор-Кульсыры», где $h_1 = 0,05$; $\lambda_1 = 1,69$; $h_2 = 0,08$; $\lambda_2 = 1,32$; $h_3 = 0,18$; $\lambda_3 = 1,12$; $h_4 = 0,18$; $\lambda_4 = 2,52$ и $\lambda_5 = 2,49$ (табл. 2). Из выражения (5) определяем:

$$R_0 = \frac{0,05}{1,69} + \frac{0,08}{1,32} + \frac{0,18}{1,12} + \frac{0,18}{2,52} = 0,365 \text{ Вт/м·град.}$$

Общее тепловое сопротивление определили по формуле (6)

$$R = \frac{3,2}{2,49} + \frac{0,04}{0,42} = 1,38 \text{ Вт/м·град.}$$

Подставляя полученные значения в формулу (4), определяем глубину промерзания грунта:

$$h_{np} = \sqrt{\frac{2,49 \cdot 2928 \cdot 1}{80 \cdot 0,49 \cdot 1670} \left[-0,9 + 9,3 + (-9,3 - 6,7) \frac{0,04 + 0,365}{1,38} \right]} = 0,52 \text{ м.}$$

Из теоретических расчетов видно, что глубина промерзания грунта и дорожной конструкции на выбранном экспериментальном участке дороги $h = 0,84 \text{ м.}$

Для сравнения рассмотрим второй вариант, когда глубина промерзания h меняется при замене верхнего слоя дорожной конструкции на асфальтобетон с более низкой теплопроводностью (песчаный или мелкозернистый).

При составлении прогнозируемой конструкции дорожной одежды учитывались следующие требования по строительству дорожных асфальтобетонных покрытий: в двухслойном покрытии толщина верхнего слоя из мелко- и среднезернистого асфальтобетона составляет 3,5-5 см, а нижнего – крупнозернистого – 5-8 см. Общая толщина двухслойных покрытий с верхним слоем из щебенистого асфальтобетона составляет 7,5-13 см и из песчаного – 7-9,5 см (табл. 5).

Таблица 5

Результаты теоретических расчетов глубины промерзания грунта и дорожной конструкции

№	Вид конструкции	Толщина и теплопроводность слоев $h, \text{м}; \lambda, \text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$	Тепловое сопротивление, $R_0, \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Глубина промерзания $h_{np}, \text{м}$
1	2	3	4	5
для а/д «Доссор–Кульсары», км 47+500				
1	1-й слой – м/з а/б 2-й слой – к/з а/б 3-й слой – ч/щ (Б=6 %) 4-й слой – прир. гравий.. Грунт з/п – суглинок ($W=18,2 \%, p=1,67 \text{ м}/\text{м}^3$)	$h_1 = 0,05; \lambda_1 = 1,69$ $h_2 = 0,08; \lambda_2 = 1,32$ $h_3 = 0,18; \lambda_3 = 1,12$ $h_4 = 0,18; \lambda_4 = 2,52$ $\lambda_s = 2,49$	0,365	ноябрь – 0,36 м дек. – 0,51 м янв. – 0,63 м фев. – 0,72 м март – 0,30 м
для а/д «Кульсары–Бейнеу», км 242+000				
2	1-й слой – м/з а/б 2-й слой – к/з а/б 3-й слой – ч/щ (Б=7 %) 4-й слой – прир. гравий.. Грунт з/п – суглинок ($W=14,1 \%, p=1,47 \text{ м}/\text{м}^3$)	$h_1 = 0,05; \lambda_1 = 1,60$ $h_2 = 0,06; \lambda_2 = 1,21$ $h_3 = 0,12; \lambda_3 = 1,01$ $h_4 = 0,29; \lambda_4 = 2,56$ $\lambda_s = 2,69$	0,365	ноябрь – 0,33 м дек. – 0,47 м янв. – 0,57 м фев. – 0,66 м март – 0,29 м
для а/д «Актобе–Атырау–гр. РФ (на Астрахань)», км 23+000				
3	1-й слой – песчан. а/б 2-й слой – к/з а/б 3-й слой – ч/щ (Б=10 %) 4-й слой – ПГС Грунт з/п – суглинок ($W=15,2 \%, p=1,58 \text{ м}/\text{м}^3$)	$h_1 = 0,035; \lambda_1 = 1,42$ $h_2 = 0,08; \lambda_2 = 1,32$ $h_3 = 0,18; \lambda_3 = 2,44$ $h_4 = 0,18; \lambda_4 = 1,52$ $\lambda_s = 2,58$	0,336	ноябрь – 0,35 м дек. – 0,50 м янв. – 0,62 м фев. – 0,71 м март – 0,31 м
для а/д «Актобе–Уральск», км 1850+000				
4	1-й слой – песчаный 2-й слой – с/з а/б. 3-й слой – ч/щ (Б=6 %) 4-й слой – шлак, укр. 4% цементом Грунт з/п – суглинок ($W=14,2 \%, p=1,65 \text{ м}/\text{м}^3$)	$h_1 = 0,035; \lambda_1 = 1,42$ $h_2 = 0,06; \lambda_2 = 1,15$ $h_3 = 0,26; \lambda_3 = 1,41$ $h_4 = 0,18; \lambda_4 = 0,92$ $\lambda_s = 2,65$	0,515	ноябрь – 0,25 м дек. – 0,36 м янв. – 0,44 м фев. – 0,51 м март – 0,22 м
для а/д «Актобе–Уральск», км 2156+000				
5	1-й слой – песчаный 2-й слой – ч/щ (Б=8 %) 3-й слой – фракц. щеб. Грунт з/п – суглинок ($W=19,2 \%, p=1,75 \text{ м}/\text{м}^3$)	$h_1 = 0,12; \lambda_1 = 1,42$ $h_2 = 0,16; \lambda_2 = 1,41$ $h_3 = 0,26; \lambda_3 = 2,48$ $\lambda_4 = 2,77$	0,255	ноябрь – 0,35 м дек. – 0,50 м янв. – 0,61 м фев. – 0,70 м март – 0,31 м
для а/д «гр. РФ (на Астрахань)– Актобе–Атырау», км 313+000				
6	1-й слой – с/з а/б 2-й слой – к/з а/б 3-й слой – ч/щ (Б= 9 %) 4-й слой – фракцир. щеб. Грунт з/п – суглинок ($W=16,2 \%, p=1,48 \text{ м}/\text{м}^3$)	$h_1 = 0,05; \lambda_1 = 1,15$ $h_2 = 0,08; \lambda_2 = 1,32$ $h_3 = 0,26; \lambda_3 = 1,41$ $h_4 = 0,18; \lambda_4 = 2,60$ $\lambda_s = 2,29$	0,356	ноябрь – 0,31 м дек. – 0,44 м янв. – 0,55 м фев. – 0,63 м март – 0,27 м

Результаты расчета показывают, что с увеличением влажности грунта существенно изменяется теплофизическое свойство грунта, т.е. его поры наполняются водяным паром, после чего теплопроводность грунта существенно увеличивается. Например, при естеств-

венной влажности грунта земляного полотна $W=18,2\%$ и его естественной плотности $p=1,67 \text{ m/m}^3$ (результаты полевого экспериментального испытания проанализированы в разделе 3) коэффициент теплопроводности достигает $\lambda_5 = 2,49 \text{ Bm/(m}\cdot\text{K)}$, а при $W=16,2\%$, $p=1,48 \text{ m/m}^3$ – коэффициент теплопроводности $\lambda_5 = 2,29 \text{ Bm/(m}\cdot\text{K)}$.

Значение теплового сопротивления дорожной одежды ($\text{град}\cdot\text{м}^2/\text{Bm}$) прямым образом зависит от толщины каждого слоя и коэффициента теплопроводности материалов дорожной одежды. Причем слои, состоящие из минеральных материалов, в частности песчано-гравийной смеси или фракционированного щебня, имеют самые высокие коэффициенты теплопроводности. Например, коэффициент теплопроводности фракционированного щебня колеблется в пределах $\lambda=2,44\div2,60 \text{ Bm/(m}\cdot\text{K)}$. Такая существенно отличающаяся разность объясняется гранулометрическим составом и однородностью материалов, причем, чем ниже и однородней их модуль крупности, тем выше их теплопроводность. А величина общего теплового сопротивления зависит от толщины суголового покрова h_C и его коэффициента теплопроводности $\lambda_{оп}$.

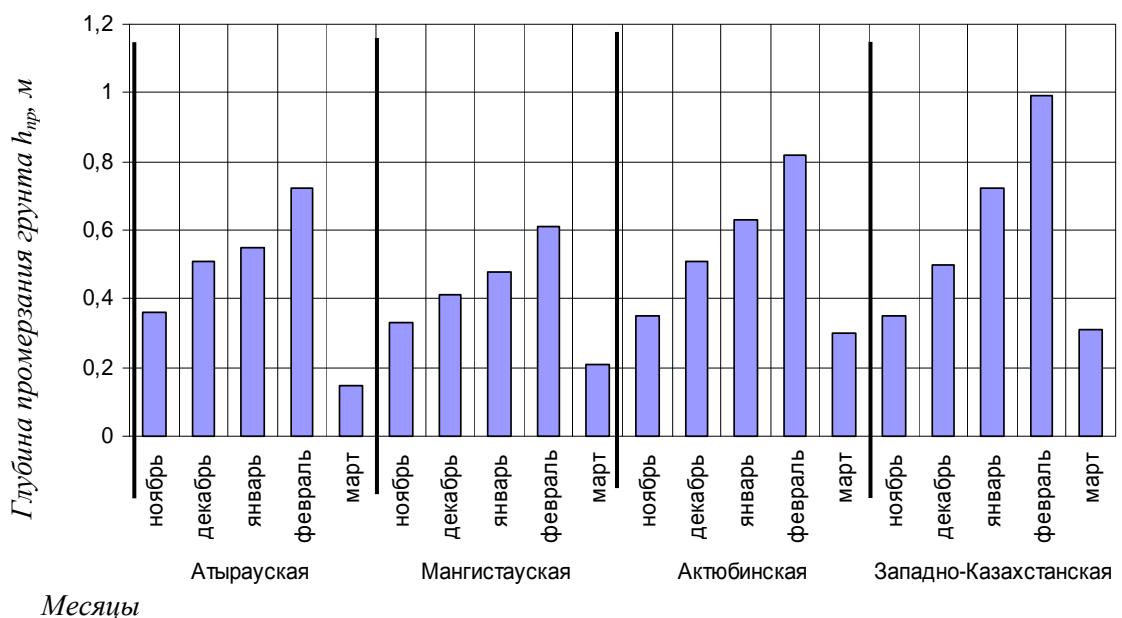


Рисунок 2 – Глубина промерзания грунта земляного полотна по месяцам: 1 – Мангистауская область; 2 – Атырауская область; 3 и 6 – Актыбинская область; 4 и 5 – Западно-Казахстанская область

В диаграмме, приведенной на рис. 2, представлена глубина промерзания грунта земляного полотна по месяцам. Как видно, наиболее критическим месяцем по уровню промерзания грунтов является январь и февраль. В эти месяцы глубина промерзания грунтов земляного полотна достигает для дорог Атырауской области 0,72 м, причем конструкция дорожной одежды на исследуемых дорогах не имеет низкотеплопроводные шлакосодержащие материалы. Конструкция дорожной одежды в рассматриваемой конструкции представлена в таблице 5 (графа 1 и 3).

Существенное отличие глубины промерзания земляного полотна наблюдается в За-

падно-Казахстанской области. Например, на участке км 1850+400 автомобильной дороги «Самара–Шымкент», где был использован шлаковый щебень, укрепленного 4 % цементом, максимальное промерзание грунта в феврале месяца составляло 0,51 см, а на этой же дороге (км 2156), где материалом основания является фракционированный щебень, глубина промерзания равна 0,70 см. Отсюда видно, что менее теплопроводные материалы значительно снижают глубину промерзания земляного полотна независимо от того, в каком дорожно-климатическом районе расположена дорога.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы. С увеличением (или понижением) влажности в теле грунтового основания теплопроводность резко подвергается изменению, причиной этого является наполнение пор влагой. Поэтому теплопроводность слоя земляного полотна или основания дорожной одежды, обработанных грунтом, с повышением влажности, т.е. наполнением пор влагой, увеличивается.

Сроки наступления периодов увлажнения земляного полотна автомобильных дорог зависят от погодных условий и могут смещаться в ту или иную сторону. Наличие четырех периодов увлажнения характерно для II–V климатических зон. Однако для каждой климатической зоны имеется характерный только для нее водно-тепловой режим местности и земляного полотна, особенно в части величин и распределения влажности в грунтах. Отличие водно-теплового режима прилегающей местности обуславливается, прежде всего, конструкцией земляного полотна и дорожной одежды.

Результаты расчета адекватно доказывают то, что с увеличением влажности грунта существенно изменяются теплофизические свойства грунта, т.е. увеличивается теплопроводность грунта. Например, при естественной влажности грунта земляного полотна $W=18,2\%$ и его естественной плотности $p=1,67 \text{ m/m}^3$, коэффициент теплопроводности достигает $\lambda_5 = 2,49 \text{ Bm/(m\cdot K)}$, а при $W=16,2\%$ и $p=1,48 \text{ m/m}^3$ – $\lambda_5 = 2,29 \text{ Bm/(m\cdot K)}$.

Список литературы

- Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высш. шк., 1967. – 599 с.
- Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд. /под общ. ред. И.А. Золотаря. – М.: Транспорт, 1971. – 416 с.
- Сиденко В.М. Расчет и регулирование водно-теплового режима дорожных одежд и земляного полотна. – М.: Автотрансиздат, 1962. – 116 с.
- Михайлов А.В. Строительная теплотехника дорожных одежд / А.В.Михайлов, Т.А. Коцюбинская. – М.: Транспорт, 1986. – 148 с.
- Каменев А.М. Особенности водно-теплового режима земляного полотна при неблагоприятных условиях увлажнения в предгорных районах Казахстана // Тр. СоюздорНИИ. – Вып.95. – М.: МАДИ, 199. – С. 112–119.
- Айдарбеков Г.Ж. Особенности увлажнения конструкции дорожной одежды в условиях засушливых районов Казахстана / Г.Ж. Айдарбеков, С.Н.Киялбай. – Алматы: Новости науки Казахстана, 2009. – С. 86–89.
- Кушнрев В.И. Техническая термодинамика и теплотехника / В.И. Кушнрев, В.И. Лебедев, В.А. Павленко. – М.: Стройиздат, 1986. – 484 с.
- Литвинов А.М. Теоретические основы теплопроводности. – М.: Энергия, 1964. – 367 с.

Получено 18.05.11

УДК 625.731.8:625.72

М.Р. Лукпанов

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РИСКОВ
В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С УЧЕТОМ СТАТИСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДИК**

Качество проектирования и строительства автомобильной дороги можно дифференцированно оценивать рисками заказчика и изготовителя, а в качестве интегральной оценки использовать статистическую надежность в виде

$$D = 1 - (\text{сумма рисков}). \quad (1)$$

Используя эмпирические данные о вариациях физико-механических свойств строительных материалов и точностных показателей существующих методик проектирования автомобильных дорог, а также имитационные модели, разработанные для этих целей, были получены расчетные трехмерные графические модели, оценивающие указанные выше риски в функции статистических свойств проектных и технологических параметров. Результаты компьютерного моделирования иллюстрируются далее представленными рисунками. Для трехмерного построения была использована программная среда STATISTICA 5.0 [1].

На рис. 1 представлена зависимость риска изготовителя P_{IZ} , а на рис. 2 - риска заказчика P_{ZAK} в функции суммарной вариации исходных данных проектирования V и величины минимального требуемого общего модуля упругости дорожной конструкции E_{min} (KRSR).

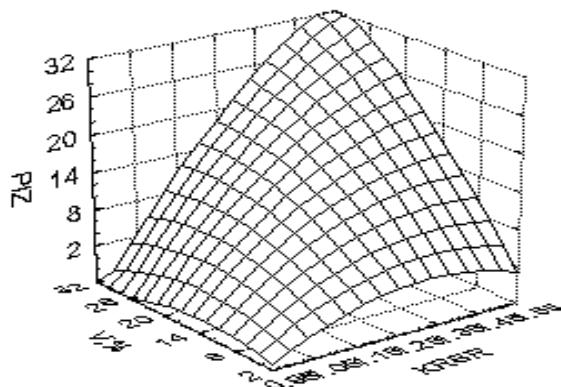


Рисунок 1 - Уровень риска изготовителя при распределении расчетных параметров по нормальному закону

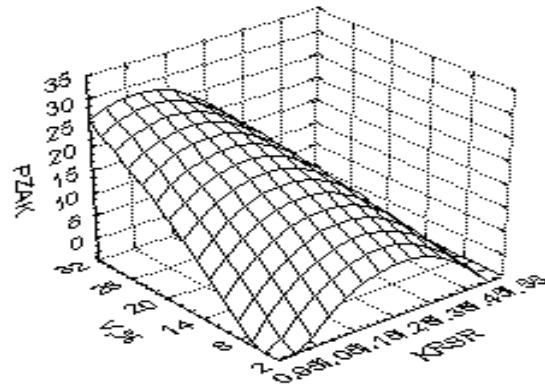


Рисунок 2 - Уровень риска заказчика при распределении расчетных параметров поциальному закону

Как следует из результатов моделирования, представленных на рис. 1 и 2, суммарная статистическая надежность проектирования и строительства дороги D в форме расчетного прогноза прочностных показателей с увеличением коэффициента вариации Δh , ΔE становится недопустимо низкой. Чем ниже статистическая надежность, тем выше риски заказчика и изготовителя.

Очень важным и слабо исследованным является вопрос о величине нормативных допусков на указанные риски. В связи с тем, что в дорожном строительстве подобные нормативы, как и методы расчета рисков, отсутствуют, нами за основу была взята методика А.А. Артамонова [2], в которой вычисляется индекс риска по формуле:

$$R = P_q \cdot I_q, \quad (2)$$

где R – индекс риска в баллах; P_q – вероятность возникновения рисков, в соответствии с классификацией (баллы); I_q – величина потерь, в соответствии с классификацией (баллы).

Численные значения величины I_q в формуле (2) находятся по таблице.

Индекс риска – это показатель величины вероятных потерь в баллах, даёт возможность судить об уровне риска.

Для условий строительства автомобильных дорог в результате экспертного оценивания были выбраны границы допустимых рисков в диапазоне $0,15 < P \leq 0,25$.

Значения полученных подобным образом количественных оценок рисков следует расценивать, как предварительные. По мере накопления статистического материала в базе данных информационно-аналитической системы расчетные данные будут подвергаться корректировке.

Возникающие ошибки на стадии этапа строительства являются одной из системных составляющих в жизненном цикле автомобильной дороги. На этапе проектирования в силу вариаций физико-механических свойств строительных материалов и методических погрешностей также возникает случайное множество случайных решений, которые являются проектными рисками.

Классификация рисков по вероятности возникновения [2]

Виды рисков	Вероятность возникновения (P)			
	Количественный подход		Качественный подход	I баллы
	в баллах	P (в долях единицы)		
Слабовероятные (минимальные)	1	$0,0 < P \leq 0,1$	Событие может произойти в исключительных случаях	1
Маловероятные (низкие)	2	$0,1 < P \leq 0,4$	Редкое событие, но, как известно, уже имело место	2
Вероятные (средние)	3	$0,4 < P \leq 0,6$	Наличие свидетельств достаточных для предположения возможности события	3
Весьма вероятные (высокие)	4	$0,6 < P \leq 0,9$	Событие может произойти	4
Почти возможные (максимальные)	5	$0,9 < P < 1,0$	Событие, как ожидается, произойдёт	5

Одной из составляющих в качестве контроля толщины конструктивных слоев автомобильной дороги в процессе строительства является инструментальная погрешность. Для уменьшения инструментальной погрешности можно рекомендовать инновационные методы измерений на базе лазерных технологий. Впервые в Казахстане разработана система паспортизации автомобильных дорог с применением современной технологии - лазерного сканирования - последнего достижения в области получения метрической информации об объектах, открывающего совершенно новые возможности.

В ВКО проведена экспериментальная паспортизация и инвентаризация участка автомобильной дороги республиканского значения Усть-Каменогорск – Зыряновск – Катон-Карагай – Рахмановские ключи на основе геоинформационной системы (ГИС). Специалисты, получив результаты, отметили актуальность и перспективу новой технологии и рекомендовали распространить данный опыт в областных управлениях дорог, с обучением персонала навыкам работы с новейшим навигационным оборудованием и программным обеспечением. Кроме того, Министерству транспорта и коммуникаций Республики Казахстан предложено решить вопрос о финансировании внедрения технологии на автомобильных дорогах республиканского значения как Восточного региона, так и всего Казахстана.

С помощью геомониторинга автомобильных дорог как системы наблюдений, оценки и контроля над их состоянием можно предупредить нежелательные изменения дорог, дорожных сооружений, что поможет их эффективно эксплуатировать. Паспортизация нужна для определения всех параметров, а нововведение позволяет проводить съемку дорог с помощью трехмерного сканера; обработка и передача информации осуществляется через спутник. Данную систему недавно начали применять в России. Руководителями совместного российско-казахстанского проекта стали проректор по инновационной деятельности и науке Сибирской государственной геодезической академии (СГГА) д.т.н., профессор Владимир Середович и заместитель директора регионального научно-технологического парка (РНТП) «Алтай» Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева д.т.н., профессор Тулеген Ипалаков.

В 2003 году в Новосибирске был создан региональный центр лазерного сканирования, и уже имеются разработки, использованные в Казахстане. Вначале определяются все геометрические параметры (ровность, шероховатость дорог, повороты и т.п.) и дорожная инфраструктура, куда входят объекты, расположенные вдоль дорог, остановки, станции техобслуживания, дорожные службы, линии электропередачи и т.д. Потом технические параметры: тип и состояние грунта, мостовые переходы, наличие и состояние водотводных каналов. Сюда же входят сведения о среднесуточном составе транспорта, характере дорожных одежд грунта земляного полотна, оценка их прочности и состояния и многие другие моменты. Этот способ сбора данных, прежде всего, обеспечивает оперативность получения результатов (несколько тысяч измерений всего за одну секунду), точность, полноту и высокую степень детализации, а также качество и оперативность – за очень короткое время можно выполнить большой объем работ. Пример: 50 км дороги традиционным способом можно проверить примерно за 4,5 месяца, тогда как с помощью нового метода – за 1 месяц. Кроме того, результаты можно получить при любом освещении. Причем помимо базовой станции, где обрабатывается полученная информация, могут применяться мобильные переносные установки на автомобилях. Среди преимуществ и многоцелевое использование данных лазерного сканирования (средняя ошибка определения планового положения точек съемного обоснования составляет всего 0,004 метра, а по высоте - 0,007 метра).

Список литературы

1. Боровиков В.П. Прогнозирование в системе STATISTICA в среде WINDOWS / В.П. Боровиков, Г.И. Ивченко. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 384 с.
2. Артамонов А.А. Функции управления рисками в процессе реализации инвестиционных проектов: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – СПб.: СПбГАСИ, 2003. – 20 с.

Получено 18.05.11

УДК 625.089.2

Н.С. Нугуманов

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ИНОВАЦИОННЫЕ НАВЕСНЫЕ И ПРИЦЕПНЫЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, РЕМОНТА И СОДЕРЖАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Общая протяженность сети дорог в РК более 128 тыс. км, в т.ч. дорог общего пользования - более 88 тыс., что, к примеру, меньше чем в РФ в семь раз, США – в 50 раз.

Плотность сети дорог общего пользования в РК на 1 000 км² составляет – 18,1 км, что меньше, чем в Кыргызстане в 5 раз.

По оценке ОАО «КаздорНИИ» 75 % автомобильных дорог имеют покрытия, не соответствующие действующим нормативам по прочности и ровности.

Определяющими факторами ухудшения технического состояния дорог являются:

- Несоблюдение межремонтных сроков.

- На основе фактических данных МТиК за 2006-2010 годы капитальный ремонт на республиканской сети производиться меньше необходимого в 20 раз. Средний ремонт – менее чем в 4 раза.

- Анализ реализации программы развития автодорожной отрасли за этот же период показывает: при плане строительства и реконструкции 5 146 км, фактически проведены работы на 3 300 км (т.е. 64 %), капитального ремонта - при плане 1 185 км, фактически - 437 км (37 %), среднего ремонта - при плане 12 000 км, фактически – 3 794 км (32 %).

- Объем финансирования текущего ремонта, содержания и озеленения (согласно постановлению правительства РК № 423 от 30 апреля 2003 г. без учета инфляции) составляет 56 % (фактически – 36,671 млрд тенге за 5 лет при 65 млрд по нормативу).

- Кратный рост цен. Стоимость строительства и реконструкции выросла в 5,2 раза.

На состояние дорог влияет плохая оснащенность специализированной автодорожной техникой. Оснащенность эксплуатационных хозяйств оборудованием на дорогах общего пользования составляет не более 30 % положенного по табелю.

Необходимо проведение прикладных научных исследований по приоритетным направлениям, предусматривающим разработку ресурсосберегающих технологий и повышение эксплуатационной надежности дорожных конструкций, внедрение результатов научных исследований по инновационным материалам, средствам производства. К примеру, единственный научный отраслевой институт «КаздорНИИ» занимается в основном не свойственным ему делом - проектированием.

По настоятельной инициативе автора в 2004 году включен в инструкцию по классификации так называемый «маршрутный способ» с применением специализированных навесных оборудований, изданы рекомендации по их применению и, наконец, в отраслевые нормы и расценки включены эти инновационные технологии. Можно сделать вывод, что необходимая нормативная база есть, но нет главного – навесных специализированных оборудований.

Возложенная обязанность на МТиК - проведение в жизнь технической политики в дорожной отрасли РК, в т.ч. внедрение инновационных предложений, особенно в последние годы - практически сведена к нулю.

Осуществляя дорогостоящие проекты строительства и реконструкции за 2001-2010 годы на республиканских дорогах 4 869 км, т.е. всего лишь 21 %, и не предпринимая мер

по их сохранению, катастрофически теряется сеть дорог.

Необходимость преодоления этих проблем, в т.ч. внедрение инноваций в дорожной отрасли – основа перспективы предлагаемых автором проектов.

В 2010 году в рамках программы бизнес-инкубирования АО «ЦИТТ» изготовлены 4 опытных образца навесного оборудования на общую сумму 6750 тыс. тг. Выполнены конструкторские разработки, проведены испытания, поданы заявки на технологии с применением изготовленных оборудований, ведутся работы по коммерциализации, есть заказы со стороны дорожных местных органов.

В 2011 году есть намерение подать заявку на финансирование по бизнес-инкубированию одного проекта с целью выпуска еще двух прицепных оборудований, носящих патентную новизну, что вместе с уже изготовленными 4-мя оборудованием, при оснащении ими дорожных хозяйств, позволят коренным образом улучшить качество работ и транспортно-эксплуатационное состояние дорог РК.

Потенциальными потребителями оборудования могут быть в основном эксплуатирующие дорожные хозяйства. Из расчета обслуживания каждым хозяйством дорожной сети в 300 км первоначальная потребность составит около 420 комплектов.

Не исключена возможность поставки оборудования и в ближнее зарубежье с принятием мер защиты авторских прав на патенты. Конкурентов не вижу по причине того, что после распада СССР практически повсеместно на постсоветском пространстве прекратили выпуск прицепного и навесного оборудования, что в свое время было серьезным составляющим при строительстве и эксплуатации автодорог.

Изготовление оборудования считаю возможным и нужным на любых заводах машиностроения любых регионов с целью уменьшения транспортных расходов, что вполне будет отвечать условиям как импортозамещения, так и казахстанского содержания. Технопарку «Алтай» нужно будет заниматься внедрением и обучением.

Общие совокупные затраты на улучшение сети дорог будут сокращены. Максимально будут использоваться трактора промышленных, строительных предприятий, особенно в межпосевные и уборочные периоды, способствуя экономическому развитию, снимая социальное напряжение из-за бездорожья, будут значительно сокращены потери урожая при перевозках.

Таким образом, инновационный прорыв в РК в части изготовления, внедрения оборудования для дорожной отрасли позволит:

- Улучшить занятость населения.
- Обеспечить импортозамещение.
- Обеспечить казахстанское содержание.
- Улучшить условия безопасного движения.
- Уменьшить количество ДТП и их последствия.
- Ускорить амортизацию и обновление тракторного парка.
- Уменьшить кратно затраты государства на покупку специальных дорогостоящих дорожных машин, предназначенных для эксплуатации автодорог общего пользования, являющихся государственной собственностью.
- Коренным образом улучшить качество как ремонта, так и содержания.
- Обеспечить круглогодичную проезжаемость.
- Скорость технологических процессов на дороге сократится в разы, что улучшит комфортность участников движения.

Повсеместное применение «валкообразователя» при строительстве, ремонте позволит

обеспечить подконтрольность расхода материалов, что практически при существующих способах невозможно обеспечить. Применение валкообразователя на 80 % высвободит моторесурс ведущей дорожной машины- автогрейдера.

Маятниковый профилировщик (который, надеюсь, будет включен в программы бизнес-инкубирования) при строительстве и реконструкции автодорог позволит экономно, используя имеющиеся трактора типа К-700 (не обязательно высокую квалификацию машиниста), обеспечить требуемые параметры конструкции дорожной одежды, что сегодня трудновыполнимо ввиду необходимости покупки дорогостоящих автогрейдеров со следящей системой (ценой не менее 200 тыс. долл.) и подготовки машинистов высокой квалификации. При строительстве автодороги Астана-Боровое на профилирование приглашались турецкие машинисты автогрейдеров.

Республика Казахстан площадью 2 760 000 км² и с населением чуть более 16 млн человек - одна из стран, где низкая плотность населения. В своем большинстве сельское население (48 %) проживает на достаточно большом удалении друг от друга, что вносит определенные проблемы по обеспечению жизнедеятельности и, в первую очередь, функционированию автодорог с обеспечением круглогодичного проезда. В этих условиях наиболее целесообразным будет применение для эксплуатации сельских дорог дешевых и крепких прицепных, навесных оборудований отечественного производства, которые будут работать в сцепе с имеющимися в селе тракторами. Эти оборудование должны быть надежные и простые в эксплуатации. Сегодня эти проблемы решаются очень плохо. Это главный аргумент, обязывающий незамедлительно приступить к изготовлению вышеизложенных оборудования. Даже если мы были бы сверхбогаты, для содержания одного, двух сел покупать автогрейдера стоимостью 10 млн тенге и невозможно, и нерационально.

Происходит бурный кратный рост цен материалов по причине бесконтрольности со стороны контролирующих структур. Пока не приведем в соответствие эти недостатки, никакие инновационные технологии не будут востребованы, а если даже внедрены, то экономический эффект будет незаметен, что приведет к потере интереса и необходимости инноваций.

Принимая во внимание, что инвестиции и бюджетные вложения в дорожную отрасль ожидаются значительные, надо отметить причины, препятствующие внедрению инноваций:

- В отличие от стран с устоявшейся на протяжении столетий рыночной экономикой, где само собой разумеющейся является востребованность инноваций, в нашей стране, как и в других постсоветских государствах, изменений рынка в 20-летний срок не ожидается.

- Оглядываясь назад, во времена существования СССР с плановой экономикой, где в определенные периоды имели место: бурное развитие науки, внедрение новых технологий, изобретательство, рационализация (даже более значительнее, чем в странах запада на каком-то определенным этапе), наверное, на законодательном уровне нужно вернуться к директивным мерам, в первую очередь, для развития субъектов государственной собственности, создавая условия и предпосылки уже с элементами рынка.