



УДК 625.711.2

А.Е. Касымов

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

**ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСОБЕННОСТЕЙ
ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА И МЕТОДЫ ЕГО РАСЧЕТА**

Важнейшим условием развития экономики Республики Казахстан является ее надежное транспортное обеспечение, удовлетворение потребностей предприятий и населения в грузовых и пассажирских перевозках. Для Казахстана, с его огромными просторами, основным видом транспорта является автомобильный. По последним статистическим данным он используется для перевозки более 80 % грузов в стране. Главным условием развития автомобильного транспорта является строительство новых и содержание в надлежащем состоянии имеющихся автомобильных дорог. В Республике Казахстан ежегодно затрачиваются значительные средства на гидрогеологические и инженерно-геологические исследования для расширения водоснабжения, проектирования промышленного, гражданского, гидротехнического и дорожно-мостового строительства, а также осушения месторождений полезных ископаемых.

Перед гидрогеологами и инженерами-геологами стоят задачи повышения качества, удешевления и ускорения темпов этих работ. Одним из путей, ведущих к развитию и совершенствованию геологических исследований, является улучшение, модернизация и повышение экономической эффективности существующих методов лабораторного и стационарного изучения грунтов и горных пород.

В комплексе лабораторных исследований грунтов важное место занимает определение содержания воды в горных породах. В их изучении заинтересованы специалисты ряда отраслей науки и техники, и прежде всего гидрогеологи. Так, при режимных наблюдениях за подземными водами, наряду с характеристикой горизонтов подземных вод, исследуется влажность грунтов зоны аэрации.

Изменение содержания воды в грунтах резко отражается на их прочностных свойствах. Вода вызывает такие явления, как текучесть грунтов, просадки, суффозию, образование карстовых пустот и т. д. Все это делает изучение количественного содержания влаги в грунтах, а также связанных с нею показателей, одним из важных разделов инженерно-геологических исследований.

Водно-тепловой режим (ВТР) автомобильных дорог юго-востока Казахстана характеризуется избыточным увлажнением и глубоким сезонным промерзанием дисперсных грунтов. Характер увлажнения земляного полотна автомобильных дорог определяется обилием осадков, вызывающих полное влагонакопление в поверхностных слоях грунта. Процесс усугубляется неравномерным характером промерзания и оттаивания дорожной конструкции.

Восстановление прочностных свойств грунта происходит медленно, особенно на участках дорог, построенных без дренирующих слоев в основании дорожных одежд. Ограничение нагрузок в весенний период не всегда осуществляется своевременно. Отмечен-

ные факторы обуславливают низкие эксплуатационные характеристики автомобильных дорог, что свидетельствует о необходимости уточнения расчетных методов прогнозирования ВТР.

Исследованием вопросов, связанных с изменением прочностных и деформативных свойств пылевато-глинистых грунтов в процессе их промерзания-оттаивания и сопутствующих явлений тепломассообмена, занимались отечественные и зарубежные ученые. В работах А. Ф. Лебедева, С.Е. Гречищева, Ф. Е. Колясева, В.Н. Ефименко, Б.Б. Телтаева, С. И. Долгова, И.А. Золоторя, В.Д. Казарновского, А.К. Киялбаева, Б.А. Асматулаева, Ш.Х. Бекбулатова, К.Н. Ахметова, Б.С. Муртазина, О.А. Красикова, В.П.Носова, В.О. Орлова, В.В. Пассека, Н.А. Пузакова, В.И. Рувинского, В.М. Сиденко, А.Я. Тулаева, А.И. Ярмолинского, П. А. Ребиндера и других решены как основные теоретические вопросы проблемы, так и ее прикладные задачи. Тем не менее, региональная корректировка известных методик позволяет обеспечивать более высокую степень надежности проектных решений.

По ВСН 46-83 температурный режим работы дорожной конструкции учитывается косвенно через температуру асфальтобетонного покрытия и не рассматривает ее изменение по глубине, а нормативным документом, позволяющим осуществлять расчет параметров ВТР автомобильных дорог, является «Пособие по проектированию методов регулирования водно-теплового режима верхней части земляного полотна» (СНиП 2.05.02-85).

На основе физико-технической теории, разработанной В.И. Рувинским, осуществляется расчет характеристик ВТР при одномерной схеме осуществления процесса тепломассообмена. В принятых теоретических предпосылках физико-технической теории источником образования ледяных прослоек, вызывающих пучение грунта, является пленочная вода, поступающая из слоя Δz в слой фазовых превращений ее в лед.

Применительно к условиям юго-востока Казахстана пленочная вода поступает в промерзающий слой под покрытием не сплошным горизонтальным фронтом, а от обочин и из нижележащего талого слоя грунта земляного полотна. В случае глубокого сезонного промерзания грунта земляного полотна имеют место процессы миграции пленочной и капиллярно-подвешенной влаги к фронту промерзания под дорожным покрытием по направлениям снизу и сбоку из талого грунта земляного полотна под обочинами.

Эффект миграции влаги за счет разности термосопротивлений слоев дорожной одежды и грунта присыпных обочин приводит к выраженному образованию под дорожным покрытием переувлажненного грунта или «донника», влажность которого зачастую равна или выше влажности грунта на границе текучести.

Таким образом, процесс промерзания и влагонакопления в грунте в этих условиях необходимо рассматривать как двухмерный, в отличие от одномерного процесса, предлагаемого в «Пособии по проектированию методов регулирования водно-теплового режима верхней части земляного полотна».

Для проверки этой гипотезы и определения величины влагонакопления под границей промерзания проводился отбор проб грунта по глубине. При помощи машины УГБ 50М производилось бурение (рис. 1) дорожной конструкции до 25 см и далее до грунтов – пневмостаканом. Длина бура $L = 1,50$ м, диаметр $d = 7,5 - 8$ см.

Принципиальное значение в условиях избыточного увлажнения и глубокого сезонного промерзания грунтов имеет величина влагонакопления под границей промерзания. Используя в качестве синтезирующего начала теорию В.И. Рувинского, процесс изменения

плотности-влажности грунта земляного полотна в условиях Юго-Восточного Казахстана можно разделить на четыре основных периода: набухания осенью, пучения зимой, осадки грунта при оттаивании весной и усадки весной и летом.



Рисунок 1 – Отбор проб земляного полотна по глубине дорожной одежды при бурении машиной УБГ 50 М

Расчет коэффициентов уплотнения следует производить для каждого из четырех периодов: набухания, пучения, осадки и усадки грунта:

$$K_{y(oc)} = K_{y(л)} (1 + e_{наб.})^{-1}; \quad (1)$$

$$K_{y(з)} = K_{y(oc)} (1 + e_{пуч.})^{-1}; \quad (2)$$

$$K_{y(в)} = K_{y(з)} (1 - e_{осад.})^{-1}; \quad (3)$$

$$K_{y(л)} = K_{y(в)} (1 - e_{усад.})^{-1}, \quad (4)$$

где $K_{y(oc)}$ - коэффициент уплотнения после набухания грунта осенью;

$K_{y(з)}$ - коэффициент уплотнения после пучения грунта зимой;

$K_{y(в)}$ - коэффициент уплотнения после осадки грунта весной;

$K_{y(л)}$ - коэффициент уплотнения после усадки грунта летом;

$e_{наб.}$ - относительное набухание грунта;

$e_{пуч.}$ - относительное пучение грунта;

$e_{осад.}, e_{усад.}$ - относительная осадка грунта и его усадка.

В качестве деформационной зоны рассматривается предложенный В.А. Ярмолинским [1] слой толщиной Δz , в пределах которого происходит приток воды в промерзающий слой грунта под проезжей частью из грунта под обочинами земляного полотна (рис. 2).

В.А. Ярмолинский утверждает [1], что принципиальное отличие решения рассматри-

ваемой задачи, в отличие от метода В.И. Рувинского, заключается в разложении величины влагонакопления на горизонтальную $Q_{p(CZ)}$ и вертикальную $Q_{p(AZ)}$ составляющие.

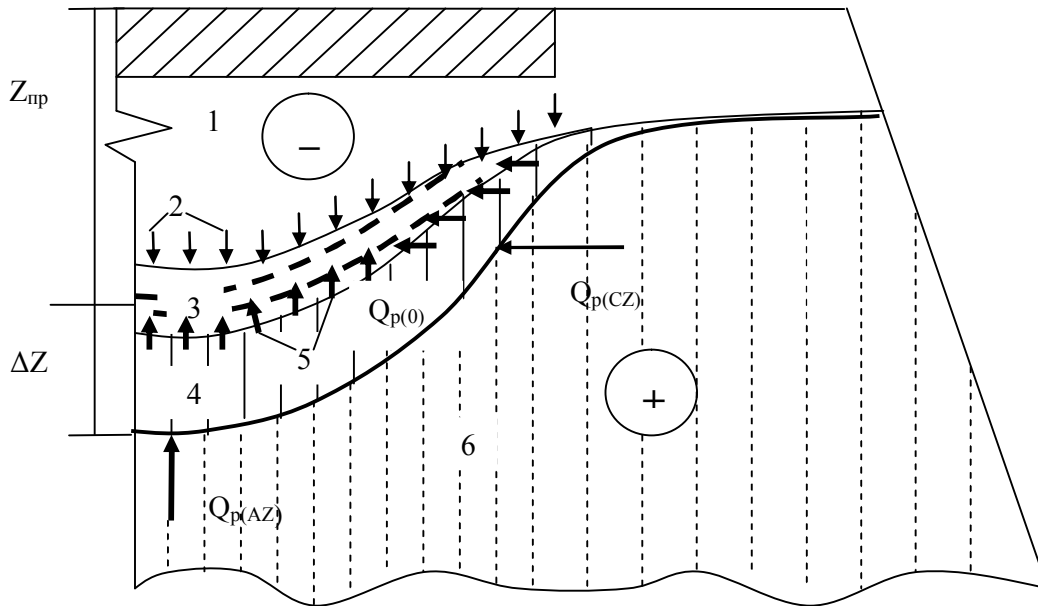


Рисунок 2 – Расчетная схема влагонакопления в условиях избыточного увлажнения и глубокого сезонного промерзания земляного полотна: 1 - мерзлая зона; 2 - давление от веса дорожной одежды; 3 - зона фазовых превращений пленочной воды в лед и образования ледяных линз и кристаллов; 4 - слой ΔZ , в котором капиллярно-подвешенная вода превращается в лед; 5 - пленочная вода, мигрирующая к фронту промерзания из слоя ΔZ ; 6 - талая зона, в которой находится капиллярно-подвешенная вода

Расход капиллярно-подвешенной воды, поступающей по горизонтальному уровню от грунта под обочинами к границе промерзания под покрытием, определяется формулой

$$\bar{Q}_{p(c,z)} = \frac{(W_{кв.} - W_{opt}) K_{y(oc)} \rho_{ск(max)} \bar{w}_{гр.}}{4\rho_{в}} \left(\frac{K'_w \bar{q}'_к}{S\rho_{вg}} + \frac{K''_w \bar{q}''_к}{S\rho_{вg}} + \frac{K'''_w \bar{q}'''_к}{S\rho_{вg}} \right), \quad (5)$$

где $\bar{w}_{гр.}$ - площадь поперечного сечения грунта, m^2 ; $\bar{q}'_к, \bar{q}''_к, \bar{q}'''_к$ - удельные движущие силы менисков соответственно в I, II, III группах капилляров грунта с капиллярно-подвешенной водой, Па; K'_w, K''_w, K'''_w - коэффициенты просачивания воды соответственно в I, II, III группах капилляров грунта, м/с; S - среднее расстояние, на которое перемещается капиллярно-подвешенная вода, м; g - ускорение свободного падения, m/c^2 .

Для грунта под дорожным покрытием имеем

$$W'_0 = W_{oc} - \frac{(\bar{Q}'_{p(0)} - \bar{Q}_{p(c,z)} - \bar{Q}'_{p(A,Z)}) \cdot \rho_{в}}{K_{y(oc)} \rho_{ск(max)} v'_{пр} \bar{w}_{гр.}}, \quad (6)$$

где $\bar{Q}'_{p(0)}$ - расход пленочной воды, поступающей в мерзлый слой из талого грунта с влажностью более оптимальной, m^3/c ; $\bar{Q}'_{p(A,Z)}$ - среднее значение расхода капиллярно-

подвешенной воды, которая может поступить к границе промерзания из грунта, расположенного ниже рассматриваемого слоя ΔZ земляного полотна, $\text{м}^3/\text{с}$; $v'_{\text{пр}}$ - скорость промерзания грунта, $\text{м}/\text{с}$.

Понижение влажности грунта под границей промерзания происходит до величины, равной оптимальной влажности. Поэтому значения W'_0 и W''_0 не могут быть меньше оптимальной влажности независимо от результатов расчета.

Включив в расчет величину расхода капиллярно-подвешенной воды $\bar{Q}_{p(C,Z)}$, В.А. Ярмолинским получено выражение для определения среднего за период промерзания значения расхода пленочной воды $\bar{Q}_{p(0)cp}$ ($\text{м}^3/\text{с}$), поступающей из талого грунта в мерзлый слой при $W_0 = W_{\text{opt}}$.

Для грунта под дорожным покрытием имеем

$$\bar{Q}'_{p(0)cp} = \bar{Q}'_{p(A,Z)} + \bar{Q}_{p(C,Z)} + \frac{(W_{\text{ос.}} - W_{\text{opt}}) K_{y(\text{ос})} \rho_{\text{ск(max)}} \bar{w}_{\text{гр.}} v'_{\text{пр.}}}{\rho_{\text{в}}}. \quad (7)$$

Для грунта под обочинами имеем

$$\bar{Q}''_{p(0)cp} = \bar{Q}''_{p(A,Z)} - \bar{Q}_{p(C,Z)} + \frac{(W_{\text{ос.}} - W_{\text{opt}}) K_{y(\text{ос})} \rho_{\text{ск(max)}} \bar{w}_{\text{гр.}} v''_{\text{пр.}}}{\rho_{\text{в}}}. \quad (8)$$

Последующий расчет осуществляется в соответствии с методикой, изложенной в пособии к СНиП 2.05.02-85.

Расчет осуществлен на основе натуральных данных, взятых на 254 км автомобильной дороги Усть-Каменогорск-Таргын-Самарское.

Общие данные о дороге:

1. Название дороги: Усть-Каменогорск-Таргын-Самарское
2. Начальный и конечный пункты: начальный – у г.Усть-Каменогорска на автодороге Георгиевка-Усть-Каменогорск; конечный – у села Самарское на 254 км автодороги Усть-Каменогорск-Самарское-Кокпекты.
- 3.

Таблица 1

Протяженность автомобильной дороги

Протяжение	В ведении дорожных организаций (км)	В ведении городов (городские участки) (км)	Всего (км)
По основному направлению	141,64	-	141,64
(Подъездные пути в составе дорог*)	-	2	2
Итого	141,64	-	141,64

4. Техническая категория дороги: средняя ширина земляного полотна по автодороге составляет 10,6 м, а ширина проезжей части – 6,7 м. По этим показателям дорога относится к IV технической категории. По пропускной способности дорога не соответствует

фактической интенсивности и не обеспечивает, на отдельных участках, безопасности движения автотранспорта.

Таблица 2

*Характеристика устройства дорожного полотна
автомобильной дороги Усть-Каменогорск –Таргын–Самарское*

Ширина земляного полотна дороги											
до 8 м		от 8,1 до 10,0 м		от 10,1 до 12,0 м		от 12,1 до 15,0 м		от 15,1 до 18,0 м		свыше 18 м	
Длина участка дороги в километрах											
3		69		55		9		4		≈ 2	
Ширина проезжей части											
до 4 м	от 4,1	от 4,6	от 5,1	от 5,6	от 6,1	от 6,6	от 7,1	от 7,6	от 8,1	от 8,6	от 9,1
	до 4,5 м	до 5,0 м	до 5,5 м	до 6,0 м	до 6,5 м	до 7,0 м	до 7,5 м	до 8,0 м	до 8,5 м	до 9,0 м	до 10,0 м
Длина участка дороги в километрах											
-	-	2	9	27	45	24	15	9	3	3	5

5. История дороги: строительство автодороги было начато в 1961 году и полностью осуществлялось ДСУ-11 и ДСУ-14. В 1961 году силами ДСУ-11 возведено земляное полотно и устроено гравийное покрытие на участке от 0 до 3 км. В 1962 году строительные работы продолжались на участках от 3-го до 7-го км и от 12-го до 14-го км, где было возведено земляное полотно и устроено гравийное покрытие.

В 1963 году строительные работы продолжались на участках от 7-го до 12-го км и от 14-го до 20-го км.

В 1964 году к строительству автодороги было подключено ДСУ-14, которое вело работы на участке от 95-го до 138-го км, а ДСУ-11 – на участке от 20-го до 26-го км. На этих участках было возведено земляное полотно и устроено гравийное покрытие. В 1965 году земляное полотно и гравийное покрытие устраивалось на участках от 26-го до 58-го км и от 83-го до 95-го км. В 1966 году строительные работы продолжались на участке от 58-го до 83-го км. Черное покрытие устраивалось в 1965-66 годах. Искусственные сооружения строились также в разные годы. В 1962 году было построено 9 мостов-труб, в 1963 году – 22 шт, 1964 г. – 66, 1965 г. – 67, и в 1966 г. – 6. Мост через реку Аблакетку построен в 1965 году. Строительство автодороги закончено в 1968 году.

Таблица 3

Дорожные органы, обслуживающие дорогу

№№	Местонахождение	Протяженность	Количество
----	-----------------	---------------	------------

ДЭУ		обслуживаемого участка и его границы	Дистанции	Дорожно ремонтных пунктов
229	с. Меновное	с 0 – 80 км	-	1
565	с. Самарское	с 80 – 142 км	-	1

В связи с ростом интенсивности движения на автодороге был спроектирован трудный участок в горной местности на 101-110 км, строительство которого начато в 1975 г. С 1975 по 2004 гг. в связи с распадом СССР проводятся только текущие ямочные ремонты.

Естественно, автомобильная дорога Усть-Каменогорск–Таргын-Самарское находится в плачевном состоянии и требует капитального ремонта.

6. Экономическое и административное значение дороги: автодорога Усть-Каменогорск–Таргын–Самарское относится к категории дорог республиканского значения, проходит по территории двух административных районов – Уланскому и Самарскому Восточно-Казахстанской области.

Экономическое значение дороги заключается в том, что по ней проходит завоз товаров народного потребления и изделий промышленности в населенные пункты и вывоз продукции крестьянских хозяйств, леса и речной рыбы – в Усть-Каменогорск и другие города области.

Таблица 4

Таблица основных поперегонных расстояний (в километрах)

Километраж от начала дороги	Наименование на- селенных пунктов	Усть- Каменогорск	Самсоновка	Васильевка	Ленинка	Бестерек	Скалистое	Таргын	Тайынты	Пантелеймоновка	Лайлы	Самарское
0	Усть-Каменогорск	0	13	21	27	35	45	60	84	122	138	142
13	Самсоновка	13	0	8	14	22	32	47	71	109	125	129
21	Васильевка	21	8	0	6	14	24	39	63	101	117	121
27	Ленинка	27	14	6	0	8	18	33	57	95	111	115
35	Бестерек	35	22	14	8	0	10	25	49	87	103	107
45	Скалистое	45	2	24	18	10	0	15	39	77	93	97
60	Таргын	60	32	39	33	25	15	0	24	62	78	82
84	Тайынты	84	47	63	57	49	39	24	0	38	54	58
122	Пантелеймо- новка	122	71	101	95	87	77	62	38	0	16	20
138	Лайлы	138	109	117	111	103	93	78	54	16	0	4

142	Самарское	142	125	121	115	107	97	82	58	20	4	0
-----	-----------	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----	----	---	---

Автодорога пересекает подъездные пути к комбинату шелковых тканей (КШТ) на 4 км. Водных путей в районе проложения автодороги нет.

Характеристика видов движения, его сезонность и перспективы роста: транспорт, проходящий по автодороге, в основном автомобильный. Средний состав автопарка следующий: легковые автомобили – 27 %, средние грузовые – 18 %, тяжелые грузовые – 29 %, автобусы – 5 %, другие автомобили – 21 %. Движение автотранспорта неравномерно в течение года.

7. Топографические условия района проложения дороги различны. На участках с 0 по 62 км, с 71 по 86 км, с 112 по 128 км рельеф местности можно отнести к пересеченному, со значительным перепадом высот в продольном профиле, наличием поперечных уклонов и множества логов. На участке с 62 по 71 км, с 86 по 112 км, с 128 по 132 км рельеф местности можно отнести к горному. Автодорога на этих участках проходит по ущельям с частыми и крутыми поворотами. Земляное полотно в отдельных местах построено на косягах в полунасыпи-полувыемке, имеются участки с продольными уклонами, превышающими допустимые, и горизонтальными кривыми, описанными радиусами менее допустимых.

Из постоянных водотоков дорогу пересекают реки: Аблакетка, Урунхай, Таргынка, Чибунда и Тайынты.

Испытание дорожной конструкции на водно-тепловой режим проводилось 20 февраля 2004 года в 11⁰⁰ утра. Общая протяженность автодороги – 141,64 км. Погода была пасмурная – 8÷10 С⁰; направление ветра – юго-восточное, 5-10 метров/сек; радиация – 15-17 микрорентген в час.

Был произведен общий визуальный осмотр автодороги и дорожных конструкций. Состояние дороги требует текущего ремонта и очистки от снега.

По разработанной Ярмолинским В.А. методике [1] осуществлено сравнение расчетных значений плотности и влажности грунта земляного полотна с фактическими данными (табл.5).

Таблица 5

Прогнозируемые и фактические значения влажности и плотности грунта земляного полотна в слое толщиной 0,5 м от низа дорожной одежды опытного участка на 254 км автомобильной дороги Усть-Каменогорск-Таргын-Самарское

Период	Влажность грунта W / W_L		Коэффициент уплотнения грунта	
	под покрытием	под обочиной	под покрытием	под обочиной
Летний период года	0,59	0,61	0,98	0,96
Осенний период перед промерзанием земляного полотна	<u>0,85</u> 0,81	<u>0,85</u> 0,87	0,98	0,96
Зимний период после промерзания слоя грунта	<u>0,95</u> 0,94	<u>0,70</u> 0,74	–	–

Весенний период после оттаивания грунта	$\frac{0,89}{0,94}$	$\frac{0,82}{0,82}$	0,97	0,96
Летний период после усадки грунта	$\frac{0,60}{0,64}$	$\frac{0,61}{0,70}$	0,97	0,96

Примечание. В числителе – прогнозируемые значения характеристики, в знаменателе – фактические. В таблице приведены значения влажности и плотности суглинка легкого пылеватого с влажностью на границе текучести $W_L = 28\%$ и оптимальной влажностью $W_{opt} = 16\%$.

Результаты прогнозируемых и фактических значений показывают хорошую сходимость.

Таким образом, разработанная В.А. Ярмолинским методика позволила осуществить корректировку расчетного метода прогнозирования водно-теплового режима земляного полотна, положенного в основу пособия к СНиП 2.05.02-85, в части учета дополнительного поступления капиллярно-подвешенной влаги при ее двухмерном характере перемещения к фронту промерзания, и может применяться при корректировке расчетных значений автомобильных дорог юго-востока Республики Казахстан.

Результаты измерения плотности и влажности грунта земляного полотна на опытном участке 254 км автомобильной дороги Усть-Каменогорск-Таргын-Самарское подтвердили достаточную сходимость разработанной В.А. Ярмолинским методики для расчета двухмерного процесса изменения водно-теплового режима грунта в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов юго-востока Казахстана.

Список литературы

1. Ярмолинский В.А. Развитие и модернизация опорной автодорожной сети Дальнего Востока для повышения её надежности в процессе эксплуатации: Дисс... на соиск. уч. степени д-ра техн. наук. ГОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет». – Хабаровск, 2007. – 415 с.

Получено 22.10.07

УДК 625.711.2

А.Е. Касымов

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

УСТРОЙСТВО КАЧЕСТВЕННОГО ОСНОВАНИЯ АВТОДОРОГ ПРИ ЗНАЧИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕПАДАХ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Дорожную одежду разной долговечности на разную допустимую нагрузку можно получить, комбинируя различные дорожно-строительные материалы. Самое важное для долговечности хорошей дорожной одежды – дренаж и уплотнение ее нижних слоев. Значительное влияние на конструкцию дорожной одежды оказывают влажность и пучинистые свойства грунта рабочего слоя (активной зоны) земляного полотна.

Вода в дорожной постели способствует ее оседанию и боковому сползанию, а также

может вызывать вспучивание из-за замерзания или расширения некоторых видов глин.

Причиной пучения грунтов является известное свойство воды увеличивать при замерзании свой объем. Если свободных от воды пор в грунте недостаточно для размещения льда, то при промерзании грунт, увеличиваясь в объеме, выпучивает.

При традиционном решении дорожной конструкции влажность грунта в процессе эксплуатации дороги может значительно повышаться, вследствие чего ухудшаются прочностные и деформативные характеристики грунта рабочего слоя по сравнению с первоначальными (при строительстве дороги). Для обеспечения прочности дорожной одежды в таких случаях приходится увеличивать толщину ее основания.

Дорожные основания - основные несущие слои дорожной одежды, на которых расположены дорожные покрытия. Назначение оснований - восприятие нагрузки от автомобилей через покрытие и распределение ее на грунт земляного полотна.

В общем случае дорожные основания состоят из трех слоев: верхний слой – из наиболее прочных материалов, непосредственно воспринимающий нагрузку; второй (нижний) слой, имеющий то же назначение, но для экономии прочных и более дорогих материалов устраиваемый преимущественно из местных материалов (как из месторождений скальных и рыхлых горных пород, так и из отходов и побочных продуктов промышленности) меньшего класса прочности (только при их отсутствии или невозможности применения используют материалы, привозимые железнодорожным транспортом); третий, самый нижний слой, располагаемый непосредственно на земляном полотне, называется дополнительным.

Главное назначение этого слоя – улучшить водно-тепловой режим земляного полотна и дорожной одежды, оградить их от переувлажнения и повысить этим прочность и сроки службы дорожной одежды.

В разные периоды (весна, лето, осень, зима) и на разных участках дороги (в выемке, высоких и низких насыпях, при различной ориентации по отношению к частям света и т.д.) изменяется не только воздействие автомобильных нагрузок, но и влияние природно-климатических факторов на дорожную конструкцию [1].

Большое количество выбоин образуется весной, в период половодий и паводков, после схода снега. В большинстве случаев они образуются в местах прохождения коммуникаций, чаще теплотрасс (там большое колебание температур и постоянно повышенная влажность). Причем интенсивность движения на рост выбоин не оказывает такого влияния, как постоянная смена температуры грунта под дорожным покрытием.

Поэтому важное значение приобретает строительство автомобильных дорог в районах с неблагоприятными гидрогеологическими условиями, пучинистыми грунтами, высоким уровнем грунтовых вод. Все перечисленные факторы присущи участкам строящихся автомобильных дорог и железнодорожного полотна в Восточно-Казахстанской области.

Причем на ослабленных участках автомобильных дорог, находящихся в пониженных местах местности и имеющих малую высоту насыпи, проходящих в выемке или на склонах горных участков, где происходит сток дождевых или других вод (участки автодороги Усть-Каменогорск–Северное), значение имеют так называемые расчетные периоды года (весна, осень), так как именно в это время и здесь наблюдается высокая влажность грунтов земляного полотна. В этом случае прочность и плотность грунтов снижается, тем самым уменьшается сопротивляемость дорожных конструкций автомобильным нагрузкам.

Проникновение воды внутрь дорожного покрытия – важнейшая причина его прежде-

временного разрушения, поскольку увлажнение покрытия неизменно приводит к потере прочности. Это происходит по нескольким причинам:

1. Увеличение давления в порах асфальтобетона, из-за которого уменьшается внутреннее трение и, как следствие, снижается сдвигоустойчивость.
2. Всплывание частиц, приводящее к уменьшению рабочей массы и снижению трения между частицами.
3. Набухание почвы, вызывающее увеличение перепадов в покрытии.
4. Появляющееся в результате чередования морозов и оттепелей пучение дорожных одежд.

По мере того, как колесная нагрузка от автомобилей возрастает и вода снижает прочность конструкции дорожной одежды, распределение нагрузки на земляное полотно ухудшается, что может привести к усталостному разрушению и деформации дорожной одежды, а также разрежению или потере мелкозернистых фракций и формированию выбоин. Температурные колебания и чередования морозов и оттепелей значительно влияют на состояние теплового режима земляного полотна и могут усугубить сложившуюся ситуацию. Проблема проникновения воды внутрь покрытия другими путями должна быть также решена, чтобы обеспечить необходимый дренаж и водонепроницаемость покрытия. Другими источниками проникновения воды являются:

1. Трещины и стыки, в том числе в соседних, не имеющих покрытия, областях или через примыкающие негерметичные участки.
2. Лужи по краям дороги.
3. Избыточный объем стока воды с лесопосадок или газонов и прямое попадание воды с обочин в основание.
4. Засорившиеся, треснувшие и лопнувшие дренажные трубы или трубы водоснабжения.
5. Покрытия, устроенные в выемках без обеспечения дренажа.
6. Недостаточный уклон дорожного полотна, способствующий скоплению воды на его поверхности.

Для улучшения водно-теплового режима земляного полотна и увеличения его стабильности на таких участках приходится строить дороги с выполнением большого объема земляных работ, что связано со значительным увеличением стоимости строительства, которое дополнительно придется еще и контролировать, и поддерживать в требуемом состоянии грунтовое основание.

Эффективные методы возведения и ремонта дорожных покрытий должны обеспечить их водонепроницаемость, предотвратить проникновение влаги внутрь конструктивных слоев. Потрескавшимся покрытиям и покрытиям, эксплуатируемым в экстремальных условиях (высокая интенсивность движения, климатические особенности), необходимо обеспечить достаточную эластичность и высокий предел прочности при растяжении, для того, чтобы они могли противостоять образованию температурных трещин. Такое покрытие должно также замедлить образование отраженных трещин.

Одним из многих эффективных решений повышения качества и стабильности земляного полотна и дорожного покрытия является применение в конструкции его основания нерастворимого в воде, а поэтому не оказывающего вредного воздействия на окружающую среду, полиэфирного полотна – геотекстиля. Полиэфирное иглопробивное полотно представляет собой плотные слои беспорядочно перепутанных полиэфирных волокон,

равномерно распределенных в объеме.

Обладая превосходными физико-механическими свойствами (высоким модулем упругости, сопротивляемостью местным механическим повреждениям, устойчивостью к кислотам, агрессивным биологическим средам), геотекстиль широко используется в гражданском и дорожном строительстве, нефтегазовой отрасли, для бытовых нужд, мелиорации и в ландшафтном дизайне [2].

Основание (с подстилающим покрытием из геотекстиля) выполняется из строительного грунта и передает нагрузки от проходящих автомобилей в рассредоточенном виде на земляное полотно. Покрытия проезжей части дорожного полотна могут состоять из асфальтобетона, щебня, щебня с битумной пропиткой, бетона на портландцементе, гравия или пропитанного грунта.

Геотекстиль применяется как армирующий или гидроизолирующий материал в конструкциях и сооружениях, основу которых составляют рыхлые горные породы — грунт, песок, гравийные смеси и т.п.

Применение материала «геотекстиль» в строительстве самым коренным образом изменило характер работ, связанных с закреплением откосов, устройством подпорных стенок, оснований дорог. Становятся ненужными большие объемы бетонных и земляных работ, т.к. для получения необходимого результата используется песок и армирующие геосетки, геоткани, георешетки.

В дорожном строительстве геотекстиль применяется для устройства откосов повышенной крутизны, подпорных стенок, усиления оснований дорожных насыпей, а также для защиты конусов путепроводов, армирования асфальтовых покрытий, разделения конструктивных слоев дорожной одежды и в качестве элементов дренажных систем (рис. 1). При сооружении откосов повышенной крутизны или других армогрунтовых конструкций в качестве армирующих материалов используются высокопрочные геосетки, геоткани, а также объемные георешетки. Технология применения данных материалов дает значительную экономическую выгоду в сравнении с такими традиционными методами, как строительство бетонных подпорных стен, шпунтовых ограждений, замена грунтов (при строительстве на слабых основаниях). Для армирования асфальтовых покрытий применяются геосетки, композиционные материалы на их основе и полимерные волокна (дисперсное армирование).

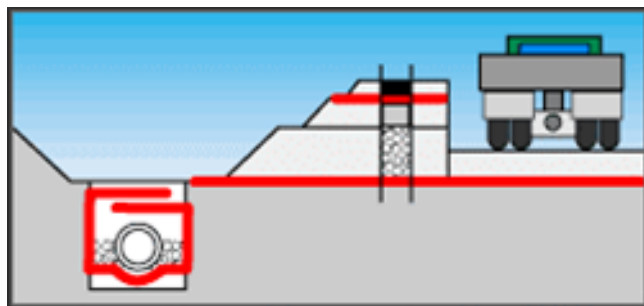


Рисунок 1 – Схема укладки геотекстильных материалов для выполнения различных функций: дренажа, укрепления откосов и перераспределения давлений в основании земляного полотна автомобильных дорог

Геотекстиль, который представляет собой нетканый синтетический волокнистый материал, обладает свойствами, позволяющими воспринимать действующие в земляном полотне растягивающие напряжения, т.е. выполнять роль арматуры, тем самым повышая прочность и снижая деформативность земляного полотна. Прослойка геотекстиля может быть использована в качестве фильтра как в основании дорожного покрытия, так и в теле насыпи. В таких случаях геотекстиль, являясь разделяющей мембраной и обладая высокой водопроницаемостью (коэффициент фильтрации около 10^{-4} м/с), задерживает не только крупные, но и мелкие частицы грунта.

Геотекстиль, уложенный в грунте земляного полотна, также прерывает капиллярное поднятие воды, возникающее под действием разности температур в зоне промерзания или от уровня грунтовых вод. Геотекстиль не подвергается гниению, стоек ко многим химическим веществам. В Республике Казахстан строительство дорог часто осуществляется на основаниях из слабых грунтов. Применение геотекстиля в этих случаях позволяет улучшить фильтрацию воды и ускорить консолидацию основания.

Геотекстиль выполняет функцию разделения слоев и позволяет перераспределить напряжение в основании насыпи, увеличить несущую способность основания, устойчивость откосов, улучшить условия уплотнения земляного полотна. Также, при данном применении материала, выполняется функция армирования при проектировании насыпей из грунта повышенной влажности, что позволяет равномерно распределять нагрузку на основание, тем самым снижая образование колеи.

Слой из геотекстиля раскатывают в продольном направлении по всей ширине земляного полотна. Полотна соединяют между собой склеиванием или сшиванием. Замена песчаных дрен дренами из геотекстиля позволяет снизить расход песка, повысить темпы строительства, снизить трудоемкость работ. Как строительный материал, геотекстиль выполняет следующие функции: предотвращение перемешивания грунта и насыпного материала, уменьшение деформации дорожного покрытия, дренаж и фильтрация, армирование склонов, разгрузка несущих конструкций, защита подземной гидроизоляции от механических повреждений. Экономическая целесообразность и технологичность применения геотекстильных материалов подтверждается их широчайшим использованием на строительных объектах развитых стран всего мира. Применение геотекстиля позволяет не только снизить толщину насыпного слоя, но и увеличить его стабильность. Прослойка геотекстиля в слоях дорожной одежды увеличивает их прочность при изгибе, а также устойчивость к воздействию динамических нагрузок (на 60 – 80%), образованию волн и колеи [3].

В 2005-2006 году научно-исследовательский институт СоюзДорНИИ (РФ) проводил испытания на определение модуля упругости георешеток с заполнителем из песка. Опыты показали, что общий модуль упругости в композите (георешетка + песок) возрастает по меньшей мере в 4 раза по сравнению с песком. Это позволяет уменьшать толщину дорожной одежды и тем самым существенно сократить стоимость работ и трудозатраты [4].

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Защитно-армирующие прослойки из нетканых геосинтетических материалов, выполняющие в отдельных случаях также функции водоотвода (гидроизоляции), применяют при укреплении обочин и оснований автомобильных дорог с целью снижения расхода других строительных материалов, усиления конструкции укрепления, защиты его от водной эрозии, а рабочего слоя земляного полотна - от дополнительного увлажнения поверх-

ностными водами, усиления прикромочной зоны дорожной одежды.

2. Геотекстиль в дорожной конструкции выполняет роль арматуры, фильтра, капилляропрерывающей прослойки, увеличивает устойчивость и стабильность конструктивных слоев и всей конструкции в целом.

3. Повышение прочности и долговечности дорожной одежды с применением геотекстиля избавляет от необходимости ремонтов, стоимость которых в процессе эксплуатации дороги значительно превысит дополнительные затраты на укатку. Удлинение срока службы дорожной одежды ведет к увеличению ее потребительской стоимости.


4. За счет уменьшения толщины конструкции обеспечивается экономия дорожно-строительных материалов, увеличиваются темпы строительства, повышается долговечность дорожной одежды и улучшаются ее транспортно-эксплуатационные характеристики.

5. Метод строительства оснований автомобильных дорог с применением геотекстильных материалов может быть использован в местах, где грунт насыщен водой или в труднодоступных горных регионах. Реализация этого метода позволит в конечном итоге разрабатывать конструкции дорожных одежд и земляного полотна, не зависящие от водно-теплового режима и более полно отвечающие условиям эксплуатации.

Список литературы


1. Видугирис Л. Пути улучшения стабильности дорожной конструкции//Научн. тр. вузов Литовской ССР. Автомобильный транспорт. - 1989. - №4/ ВИСИ. - С. 3.
2. Казарновский В.Д. Синтетические текстильные материалы в транспортном строительстве. - М.: Транспорт, 1984. - 160 с.
3. Чижиков И.А. Укрепление грунта с помощью Геокаркаса//Строительство. - 2003. - № 2. - М., 2003. - С. 2.
4. Ярмолинский В.А. Развитие и модернизация опорной автодорожной сети Дальнего Востока для повышения её надежности в процессе эксплуатации: Дисс... на соиск. уч.степени д-ра техн. наук. - Хабаровск, 2007. - 415 с.

Получено 6.11.07



**КУТТЫКТАЙМЫЗ !
ПОЗДРАВЛЯЕМ !**

50 лет



АНАНИНА
АЛЕКСАНДРА ИВАНОВИЧА,
кандидата технических наук,
доцента кафедры геологии и горного
дела

ЗДОРОВЬЯ, СЧАСТЬЯ, УСПЕХОВ, ДОРОГОЙ ЮБИЛЯР !

•

**МЕРЕЙТОЙ ИЕСІНЕ МЫКТЫ ДЕНСАУЛЫК, ТАУСЫЛМАС БАКЫТ,
ТВОРЧЕСТВОЛЫК ТАБЫС ТІЛЕЙМІЗ !**

