


РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН
МИНИСТЕРСТВО ПО ИНВЕСТИЦИЯМ И РАЗВИТИЮ
КОМИТЕТ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

КАЗАХСТАНСКИЙ ДОРОЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ «КАЗДОРНИИ»

УТВЕРЖДАЮ
Президент АО «КАЗДОРНИИ»,
д.т.н., профессор
Б.Б. Телтаев
« » 2016г.



Заключение
по применению добавки «Пенетрон Адмикс », для улучшения качества
цементобетонной смеси и цементобетонна

Заказчик: товарищество с ограниченной ответственностью
«Талан – 7» г. Караганда

Алматы, 2016

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Вице-президент, к.т.н.



Саканов Д.К.
(все разделы)

Исполнители:

Директор департамента
дорожных конструкций и
материалов



Г.Г. Измаилова

Ведущий инженер



Н.М. Борщова

Техник



Н.В. Борщов

Заключение

по применению добавки «Пенетрон Адмикс» в составе цементобетонной смеси

То, что сегодня бетон самый применяемый строительный материал, факт неоспоримый. К бетону предъявляется ряд требований, выполнить которые зачастую невозможно без использования химических добавок, позволяющих придать бетонной смеси свойства, обеспечивающие требования как проектировщиков, так и исполнителей работ.

Разнообразие добавок позволяет повысить прочность, морозостойкость бетона, улучшить перекачку смеси с помощью насосов, ускорить ее твердение, уменьшить усадку, получить бетоны используемые в агрессивных средах (сульфатостойкие), многое другое.

Сегодня на рынок Казахстана добавка – «Пенетрон Адмикс» представлена компанией ТОО «Талан - 7» г. Караганда.

Область и цели применения добавки - «Пенетрон Адмикс»

«Пенетрон Адмикс» - сухая гидроизоляционная добавка для бетонов, предназначена для повышения водонепроницаемости цементобетона строительных конструкций за счет заполнения пор кристаллическими новообразованиями и приобретения цементобетоном свойства «самозалечивания» трещин раскрытием до 0,4 мм.

Бетон с добавкой «Пенетрон Адмикс» отличается повышенной морозостойкостью, прочностью и химической стойкостью, приобретает стойкость к воздействию карбонатов, хлоридов, сульфатов, нитратов, а также бактерий, грибов, водорослей и морских организмов. Добавка «Пенетрон Адмикс» совместима с любыми другими добавками (пластифицирующими, противоморозными, воздухововлекающими и т.д.)

1 Методический подход к выполнению исследований исходных материалов

1.1 Характеристика исходных материалов

Качество цементобетона при жилищном, гражданском, промышленном строительстве, при строительстве дорог, аэродромов и искусственных сооружений во многом определяется технически обоснованным выбором исходных материалов.

Выбор исходных материалов обоснован имеющимися положительными результатами испытаний цементобетонна поведенных в лаборатории АО «КаздорНИИ».

Для приготовления цементобетонных смесей в лабораторных условиях АО «КаздорНИИ» применялись следующие материалы:

- щебень фракции 20-40мм из гравия Ново-Алексеевского карьера ТОО «Асфальтобетон 1»;
- щебень фракции 10-20мм из гравия Ново-Алексеевского карьера ТОО «Асфальтобетон 1»;
- щебень фракции 5- 10мм из гравия Ново-Алексеевского карьера ТОО «Асфальтобетон 1»;
- песок природный (мытый) Ново-Алексеевского карьера ТОО «Асфальтобетон 1»;
- вода питьевая водопроводная;
- цемент ПЦ400 Д20 производства ТОО «Стандартцемент»

Все физико- механические характеристики приведены в таблицах 1-3

Таблица 1 – Характеристика применяемого щебня

Место отбора	Размер фракций, мм	Содержание игловидных, лещадных зёрен, %	Содержание глинистых пылевидных частиц, %	Дробимость, марка	Содержание зерен слабых пород, %	Плотность	
						Истинная г/см ³	Насыпная г/см ³
1	2	4	5	6	7	8	9
ТОО «Асфальтобетон1»	20-40	6,9	0,3	1000	4,0	2,61	1,42
ТОО «Асфальтобетон1»	10-20	6,5	0,4	1000	4,5	2,48	1,50
ТОО«Асфальтобетон»	5-10	8,9	0,7	800	4,7	2,59	1,37

Таблица 2 – Характеристика применяемого песка

Место отбора	Истинная плотность, г/см ³	Насыпная плотность, г/см ³	Содержание глинистых и пылевидных частиц, %	Пустотность, %	Модуль крупности
1	2	3	4	5	6
ТОО «Асфальтобетон1»	2,67	1,54	2,8	42,7	3,0

Таблица 3 – Характеристика применяемого цемента ПЦ400 Д20

Место отбора	Тонкость помола проход через сито №008	Нормальная густота цементного теста, %	Сроки схватывания		Удельная поверхность, см ² /г	Прочность	
			Начало	Окончание		При изгибе	При сжатии
1	2	3	4	5	6	7	8
ТОО «Стандартцемент»	95,2	30,7	3ч 45мин	4ч 55мин	249,3	5,5	39,7

1.2 Методика проведения работ

Методической основой исследований является сопоставительный анализ результатов лабораторных испытаний образцов бетонной смеси с добавкой «Пенетрон Адмикс» - (основной состав) и без добавки - (контрольный состав) и оценки их соответствия нормативным документам или по визуальным признакам.

Показатели физико-механических свойств бетонной смеси определены путем испытания образцов согласно требованиям нормативных документов.

1.2.1 Методика приготовления смеси

Для проведения подбора цементобетонной смеси на заданные характеристики, сделаны две цементобетонных смеси (контрольный без добавки и основной – по предложению заказчика с 1% добавки от массы цемента,):

Составы цементобетонных смесей :

№1	Щебень фр. 5-20мм	-732кг
	Щебень фр.20-40мм	-488кг
	Песок	- 615кг

	Вода	- 166кг
	Цемент	- 395кг
	Добавка 0%	- 0
№2	Щебень фр. 5-20мм	-732кг
	Щебень фр.20-40мм	-488кг
	Песок	- 615кг
	Вода	- 160
	Цемент	- 395кг
	Добавка 1 %	- 3,95л

1.2.2 Приготовление образцов:

После подбора, приготовления и формования цементобетонной смеси контрольного состава по ГОСТ 2700 и ГОСТ10180 приготавливаем основной состав с добавкой.

Приготовление смеси основного состава имеет некоторые отличия от контрольного. Отличие заключается в том, что добавка «Пенетрон Адмикс» вводится в виде водного раствора в количестве 1% сухой добавки от массы портландцемента в бетонной смеси, по предложению Заказчика.

Все образцы маркируются и выдерживаются 2 суток в камере нормального хранения (при температуре $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, влажность 95%).

Далее все образцы (контрольного и основного составов) ставятся в воду на подставку на $3/4$ высоты образца на 19 суток. Затем на 7 суток помещаются в комнатные условия (при температуре $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, влажность 95%).

1.2.3 Подвижность цементобетонной смеси

Подвижность цементобетонной смеси (Осадка конуса ОК)

Подвижность цементобетонной смеси характеризуется измеряемой в сантиметрах величиной осадки конуса (ОК), отформованного из цементобетонной смеси, подлежащей испытанию.

Испытание по установлению осадки конуса цементобетонной смеси производят по ГОСТ10181-2000 «Смеси бетонные. Методы испытаний».

1.2.4 Определение плотности цементобетонна:

Плотность цементобетонна определили испытанием образцов в нормально влажностном состоянии. Объем образцов правильной формы вычислили по их геометрическим размерам. Размеры образцов определили штангенциркулем с погрешностью не более 1мм.

Массу образцов определили взвешиванием с погрешностью не более 0,1%.

1.2.5 Проведение испытания на сжатие

перед испытанием в определенном возрасте образцы осматриваются и отмечаются грани, к которым должны быть приложены усилия в процессе нагружения. Опорные грани отформованных образцов – кубов, на сжатие выбираются так, чтобы сжимающая сила при испытании была направлена параллельно слоям укладки цементобетонной смеси в формах по ГОСТ 10180.

1.2.6 Определение морозостойкости

Марку бетона по морозостойкости принимают за соответствующую требуемой, если среднее значение прочности на сжатие основных образцов (X_{min}'') после установленных для данной марки числа циклов переменного замораживания и оттаивания выдерживает соотношение;

$$X_{min}'' \geq 0,9 X_{min}'$$

Для дорог и аэродромных покрытий потеря массы основных образцов не должна превышать 3% по ГОСТ 10060

1.2.7 Проведение испытаний на сульфатостойкость цементобетона на портландцементе и с 1% добавки «Пенетрон Адмикс».

Для проведения испытания были приготовлены два состава бетонной смеси:

1 контрольный состав (без добавки)

2 основной состав (1% добавки «Пенетрон Адмикс»).

Испытания проводились ускоренным методом по «Рекомендации по способам защиты бетона в условиях сульфатной агрессии»

Для определения содержания в растворе сульфатных ионов в отобранную пробу исследуемого раствора в количестве 100 мл добавляют 1 мл концентрированной HCl нагревают на плитке почти до кипения. В 25 мл 2,5 %-ного раствора BaCl₂, нагретого до кипения, добавляют при помешивании исследуемый раствор и оставляют на теплой плитке на 3 ч, накрыв стакан с исследуемым раствором часовым стеклом, охладив раствор до комнатной температуры, его фильтруют через плотный фильтр (синяя лента). Осадок количественно переносят на фильтр и промывают теплой водой до исчезновения в промывных водах реакции на ион хлора (по азотнокислородному серебру). Фильтр с осадком переносят в тигель, высушивают в сушильном шкафу и прокаливают при температуре 800 - 900 °С до постоянной массы. Содержание сульфатных ионов SO₄²⁻ в растворе QSO_{4р}, мг/л, рассчитывают по формуле (1)

$$Q^{P_{SO_4}} = P_{oc} * 41,15 \quad (1)$$

Расчет количества сульфатных ионов в пересчете на SO₃, поглощенных бетоном

Количество ионов SO₄²⁻, в г поглощенных бетоном Q_{SO₄^б} рассчитывают по формуле (2)

$$Q_{SO_4^b} = (C - Q^{P_{SO_4}}) * 5 / 1000 \quad (2)$$

где С - концентрация исходного агрессивного раствора сульфатанатрия, мг/л, в который были помещены образцы бетона, в пересчете на Q^{P_{SO₄}}, формула

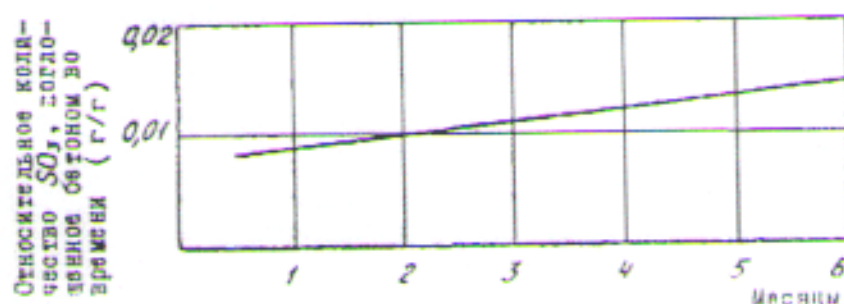
(1) Относительное количество ионов SO₄²⁻ в пересчете на SO₃, поглощенное образцами, рассчитывают по формуле (3)

$$Q_{SO_3^b} = Q_{SO_4^b} * 0,83 / P \quad (3)$$

где SO_3^6 - относительное количество агрессивных ионов, поглощенное бетоном, г/г;

P - масса цементного камня в объеме всех образцов одного состава, установленных на испытание, г.

После окончания всех испытаний строят кривую поглощения бетоном сульфатных ионов во времени и сравнивают с эталонной кривой, приведенной на рисунке.



Эталонная кривая поглощения цементным бетоном ионов SO_4^{2-} в пересчете на SO_3 . Если кривая поглощения лежит ниже эталонной кривой, бетон считается сульфатостойким и его можно использовать для изготовления конструкций, работающих в сульфатных средах с концентрацией ионов SO_4^{2-} не более 2000 мг/л.

2 Результаты исследования влияния добавки «Пенетрон Адмикс» на свойства цементобетонна

2.1 Проведение испытаний на прочность таблицы 4-5

Таблица 4 Цементобетон на портландцементе без добавки

№ п.п.	Площадь образца, см ²	Объём образца, см ³	Плотность образца, гр/см ³	Разрушающая нагрузка, кг.с/см ²	Прочность бетона, МПа	Класс бетона по прочности
1	102	1030	2,36	46750	43,53	B30
2	102	1030	2,36	48000	44,70	B30
3	101	1020	2,38	47250	44,44	B30
4	103	1040	2,35	46000	42,43	B30

Таблица 5 Цементобетон на портландцементе с 1% добавки «Пенетрон Адмикс»

№ п.п.	Площадь образца, см ²	Объем образца, см ³	Плотность образца, гр/см ³	Разрушающая нагрузка, кг.с/см ²	Прочность бетона, МПа	Марка бетона по прочности
1	103	1040	2,33	55500	51,18	B35
2	102	1030	2,33	57250	53,32	B40
3	101	1020	2,35	56250	52,91	B40
4	102	1030	2,35	56250	52,39	B40

Средняя прочность образцов без добавки - 43,77 МПа

Средняя прочность образцов с добавкой -52,45 МПа

Из анализа испытаний следует, что при в ведение 1% добавки «Пенетрон Адмикс» в цементобетонную смесь прочностные характеристики при испытании на сжатие увеличились на 20% т.е. класс цементобетонна увеличился от B30 до B40.

2.2 Определение морозостойкости цементобетона на портландцементе без добавки «Пенетрон Адмикс» таблицы 6-9

Таблица 6 - Прочность контрольных и основных образцов бетона (испытания - 37 циклов замораживания и оттаивания по третьему методу)

Номер образца в серии	Прочность бетона, МПа	
	контрольных образцов	основных образцов
1	2	3
1	47,03	58,32
2	50,86	56,81
3	50,11	57,47
4	49,73	55,51

Рассчитывают среднее значение прочности контрольных образцов:

$$X_{cp} = \sum X : n = (47,03 + 50,86 + 50,11 + 49,73) : 4 = 49,43 \text{ МПа,}$$

среднеквадратическое отклонение $\sigma_n = Wm : \alpha = 1,86 \text{ МПа,}$ коэффициент

вариации прочности $V_m = \sigma_n : X_{cp} = 1,86 : 49,43 = 0,0376$ или **3,8%**.

Рассчитывают среднее значение прочности основных образцов:

$$X_{cp} = \sum X : n = (52,32 + 50,81 + 53,47 + 50,51) : 4 = \mathbf{51,77 \text{ МПа}},$$

$$\text{среднеквадратическое отклонение } \sigma_n = W_m : \alpha = \mathbf{1,44 \text{ МПа}},$$

коэффициент вариации прочности $V_m = \sigma_n : X_{cp} = 1,44 : 51,77 = 0,0278$ или **2,8%**.

Определяют нижнюю границу доверительного интервала для контрольных образцов и для основных образцов после замораживания и оттаивания по формулам:

$$X'_{min} = X'_{cp} - t_{\beta} \sigma_n^I,$$

$$X''_{min} = X''_{cp} - t_{\beta} \sigma_n^{II},$$

Значение критерия Стьюдента $t_{\beta} = 3,182$

$$X'_{min} = 49,43 - 3,182 * 1,86 = 86,02 \text{ МПа};$$

$$X''_{min} = 51,77 - 3,182 * 1,44 = 69,86 \text{ МПа}$$

Результаты расчета приведены в таблице 7

Таблица 7 - Результаты расчета

Показатель	Значения показателей	
	контрольных образцов	основных образцов
X_{cp} , МПа	49,43	
σ_n , МПа	1,86	-
X_{cp} , МПа	-	51,77
σ_n , МПа	-	1,44
V_m , %	3,8	2,8
X'_{min} , МПа	86,02	-
$0,9 X'_{min}$, МПа	77,42	-

X''_{\min} , МПа	-	69,86
--------------------	---	-------

Нижняя граница доверительного интервала прочности контрольных образцов с учетом коэффициента 0,9 равна 77,42 МПа, нижняя граница доверительного интервала прочности основных образцов равна 69,86 МПа. Таким образом, образцы не выдержали 37 циклов испытаний по третьему методу, не сохраняется соотношение $0,9 X'_{\min} \leq X''_{\min}$ и поэтому данная смесь не соответствует марке бетона по морозостойкости F300.

Определение морозостойкости цементобетона на портландцементе с применением добавки «Пенетрон Адмикс»

Таблица 8 - Прочность контрольных и основных образцов бетона (испытания - 37 циклов замораживания и оттаивания по третьему методу)

Номер образца в серии	Прочность бетона, МПа	
	контрольных образцов	основных образцов
1	2	3
1	60,56	59,84
2	59,03	59,49
3	60,87	61,84
4	61,33	61,7

Рассчитывают среднее значение прочности контрольных образцов:

$$X_{\text{ср}} = \sum X : n = (60,56 + 59,03 + 60,87 + 61,33) : 4 = 60,45 \text{ МПа,}$$

среднеквадратическое отклонение $\sigma_n = W_m : \alpha = 1,12$ МПа, коэффициент вариации прочности $V_m = \sigma_n : X_{\text{ср}} = 1,12 : 60,45 = 0,0185$ или **1,85%**.

Рассчитывают среднее значение прочности основных образцов

$$X_{\text{ср}} = \sum X : n = (59,84 + 59,59 + 61,84 + 60,7) : 4 = 60,56 \text{ МПа,}$$

среднеквадратическое отклонение $\sigma_n = W_m : \alpha = 1,09$ МПа,

коэффициент вариации прочности $V_m = \sigma_n : X_{cp} = 1,09 : 60,56 = 0,0180$ или **1,8%**.

Определяют нижнюю границу доверительного интервала для контрольных образцов и для основных образцов после замораживания и оттаивания по формулам:

$$X'_{min} = X'_{cp} - t_{\beta} \sigma_n^I,$$

$$X''_{min} = X''_{cp} - t_{\beta} \sigma_n^{II},$$

Значение критерия Стьюдента = 3,182

$$X'_{min} = 60,45 - 3,182 * 1,12 = 64,14 \text{ МПа};$$

$$X''_{min} = 60,56 - 3,182 * 1,09 = 62,54 \text{ МПа}$$

Результаты расчета приведены в таблице 9

Таблица 9 - Результаты расчета

Показатель	Значения показателей	
	контрольных образцов	основных образцов
X_{cp} , МПа	60,45	
σ_n , МПа	1,12	-
X_{cp} , МПа	-	60,56
σ_n , МПа	-	1,09
V_m , %	1,85	1,8
X'_{min} , МПа	64,14	-
$0,9 X'_{min}$, МПа	57,73	-
X''_{min} , МПа	-	62,54

Нижняя граница доверительного интервала прочности контрольных образцов с учетом коэффициента 0,9 равна 57,73 МПа, нижняя граница доверительного интервала прочности основных образцов равна 62,54 МПа.

Образцы выдержали 37 циклов испытаний по третьему методу, что соответствует марке бетона по морозостойкости F300.

$$0,9 X'_{\min} \leq X''_{\min}$$

Таким образом при введении в состав цементобетонной смеси добавки «Пенетрон Адмикс» морозостойкость увеличилась от F200 до F300

2.3 Испытания на сульфатостойкость

После первых трех недель 5.05.2016 выдерживания образцов - кубов в агрессивной воде испытания показали, что обе пробы с добавкой и без добавки на данный момент сульфатостойкие.

$$Q_{SO_3}^b = 0,0048 \quad (\text{портландцемент})$$

$$Q_{SO_3}^b = 0,0048 \quad (1\% \text{ Пенетрон Адмикс})$$

После шести недель 26.05.2016 выдерживания образцов - кубов в агрессивной воде испытания показали, что обе пробы с добавкой и без добавки на данный момент сульфатостойкие.

$$Q_{SO_3}^b = 0,0048 \quad (\text{портландцемент})$$

$$Q_{SO_3}^b = 0,0048 \quad (1\% \text{ Пенетрон Адмикс})$$

После девяти недель 16.06.2016 выдерживания образцов - кубов в агрессивной воде испытания показали, что обе пробы с добавкой и без добавки на данный момент сульфатостойкие.

$$Q_{SO_3}^b = 0,0049 \quad (\text{портландцемент})$$

$$Q_{SO_3}^b = 0,0048 \quad (1\% \text{ Пенетрон Адмикс})$$

После девенадцати недель 07.07.2016 выдерживания образцов - кубов в агрессивной воде испытания показали, что обе пробы с добавкой и без добавки на данный момент сульфатостойкие.

$$Q_{SO_3}^b = 0,0051 \quad (\text{портландцемент})$$

$$Q_{SO_3}^b = 0,0048 \quad (1\% \text{ Пенетрон Адмикс})$$

Таким образом, поглощение цементобетонном сульфатных ионов с применением добавки «Пенетрон Адмикс» осталось на прежнем уровне, а поглощение сульфатных ионов бетоном без добавки увеличилось на 6%.

3 Выводы

1. Работа выполнена с целью выявления эффективности применения добавки «Пенетрон Адмикс», предлагаемой на рынок Казахстана компанией ТОО «Талан - 7» г. Караганда, для обеспечения более высоких физико – механических свойств цементобетона.

2. Методической основой исследований явился сопоставительный анализ результатов лабораторных испытаний образцов с применением добавки «Пенетрон Адмикс», и широко используемой в Казахстане портландцемент М400 - ДО – Н.

3. Результаты лабораторных испытаний показали:

- При в ведение 1% добавки «Пенетрон Адмикс» в цементобетонную смесь прочностные характеристики при испытании на сжатие увеличились на 20% т.е. класс цементобетонна увеличился от В30 до В40.

- морозостойкость увеличилась от F200 до F300

- образцы, приготовленные с добавкой «Пенетрон Адмикс» более сульфатостойкие, чем без добавки, поэтому цементобетон с применением добавки может применяться в агрессивных (сульфатных) средах.

4. Цементобетон с применением сульфатостойкого цемента можно заменить на цементобетон с применением добавки «Пенетрон Адмикс».

5. Для широкого внедрения при строительстве автомобильных дорог считаем целесообразным провести апробирование состава в производственных условиях в пробных партиях с укладкой на дороге с последующим мониторингом, и при положительных результатах добавка может быть рекомендована к широкому применению, и вопрос ее практического использования будет решаться на основе технико-экономической оценки.

Приложение 1

Нормативные ссылки

СТ РК 1217-2003 Песок для строительных работ. Технические условия.

СТ РК ИСО 4103-2007 Бетон. Классификация по консистенции.

ГОСТ 310.1-76 Цементы. Методы испытаний. Общие положения.

ГОСТ 310.1-5-76 Цементы. Методы определения тонкости помола.

ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия.

ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости.

ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент.

Технические условия.

ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

ГОСТ 10181-2000 Смеси бетонные. Методы испытаний.

ГОСТ 12730.0-78 Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости

ГОСТ 12730.1-78 Бетоны. Методы определения плотности.

ГОСТ 12730.3-78 Бетоны. Метод определения водопоглощения.

ГОСТ 12730.5-84* Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.

ГОСТ 18105-2010 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности.

ГОСТ 24211-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов.

Общие технические условия.

ГОСТ 26633-2012 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.

ГОСТ 27006-86 Бетоны. Правила подбора состава.