



ДОРОГА
2019

16-18 ОКТЯБРЯ
МВЦ «ЕКАТЕРИНБУРГ-ЭКСПО»

О проведении работ по разработке проекта
ГОСТ Р, устанавливающего требования к
комплексным минеральным вяжущим для
укрепления грунтов

Симчук Е.Н.



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТНО-СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА



О проведении работ по разработке проекта ГОСТ Р,
устанавливающего требования к комплексным минеральным
вяжущим для укрепления грунтов

*Генеральный директор
Симчук Евгений Николаевич*



КОМПЛЕКСНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ (КМВ)

ПРИМЕНЕНИЕ



- укрепление и стабилизация грунтов

ПРЕИМУЩЕСТВА:



- за счет применения различных минеральных вяжущих влиять на сроки набора прочности
- оказывать влияние на уровень рН в применяемых грунтах
- заменить часть цемента другим (менее дорогим) минеральным вяжущим



Укрепленные и стабилизированные грунты

ГОСТ 23558-94

ПНСТ 322-2019

Данные стандарты допускают применение комплексных минеральных вяжущих, но **не предусматривают** конкретных количественных требований к ним



ТРЕБОВАНИЯ К КОМПЛЕКСНЫМ МИНЕРАЛЬНЫМ ВЯЖУЩИМ

ГОСТ 23558-94 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства



Комплексное вяжущее отнесены к III виду состоит из основного компонента и активатора твердения. В качестве основного компонента следует использовать молотые слабоактивные и активные шлаки чёрной металлургии и шлаки фосфорные по ГОСТ 3344, основные золы-уноса по ГОСТ 25818... В качестве активаторов твердения - портландцемент, шлакопортландцемент марок по прочности не ниже 400 по ГОСТ 10178, известь строительная I и II сортов по ГОСТ 9179, гипс строительных марок не ниже Г10 по ГОСТ 125

III вид - комплексные вяжущие **марок по прочности** в 90-суточном возрасте, определяемой по **ГОСТ 3344, не менее 100**

!!! В ГОСТ 3344 отсутствуют требования к маркам по прочности вяжущих



ТРЕБОВАНИЯ К КМВ ЗА РУБЕЖОМ

Комплексные минеральные вяжущие

EN 13282-1

(быстротвердеющие)

- прочность на сжатие на 28 сутки

EN 13282-2

(нормальнотвердеющие)

- прочность на сжатие на 56 сутки

- тонкость помола
- сроки начала схватывания
- равномерность изменения объема

Указаны возможные компоненты и минимальные требования по их содержанию

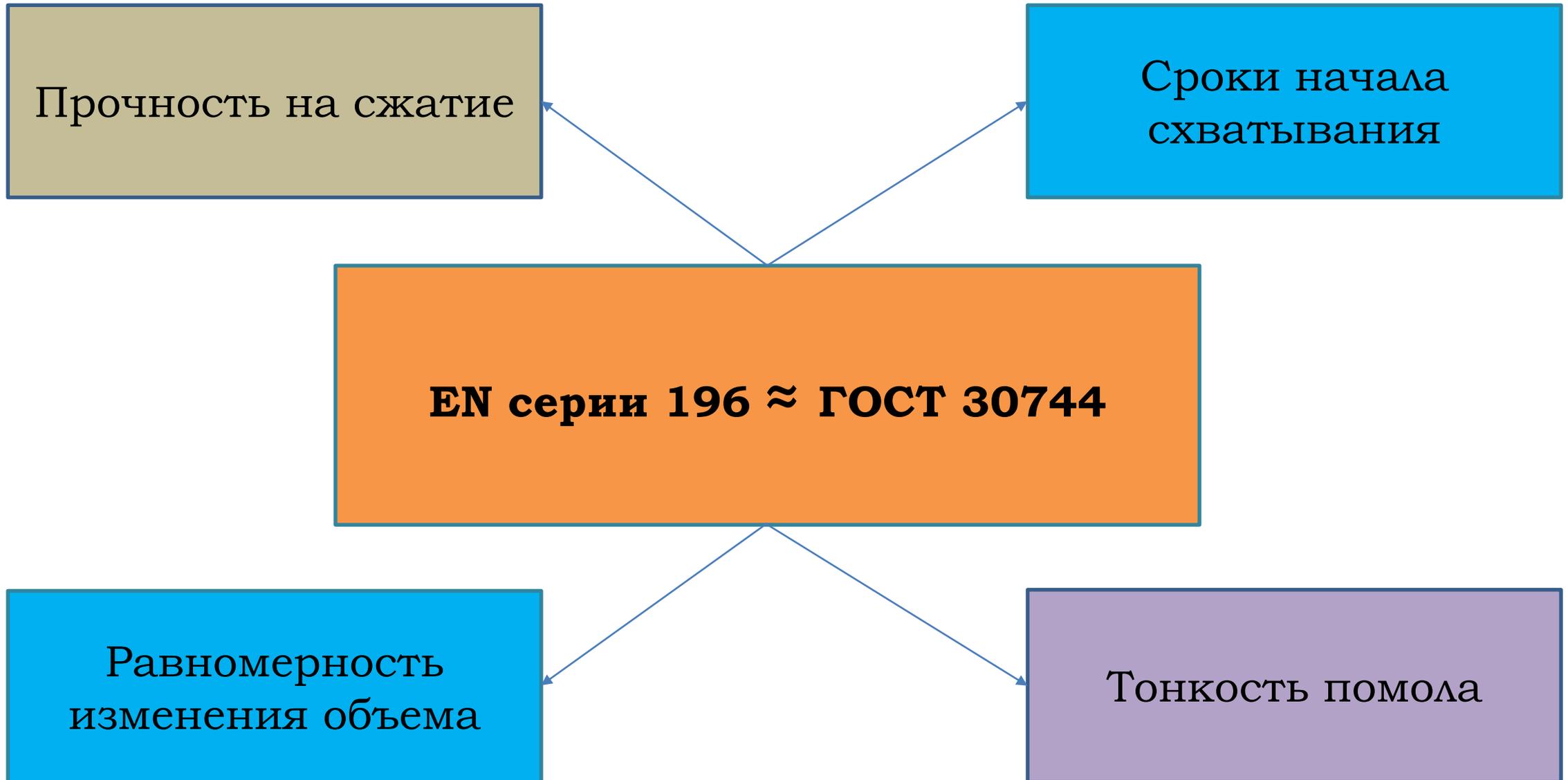


ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ



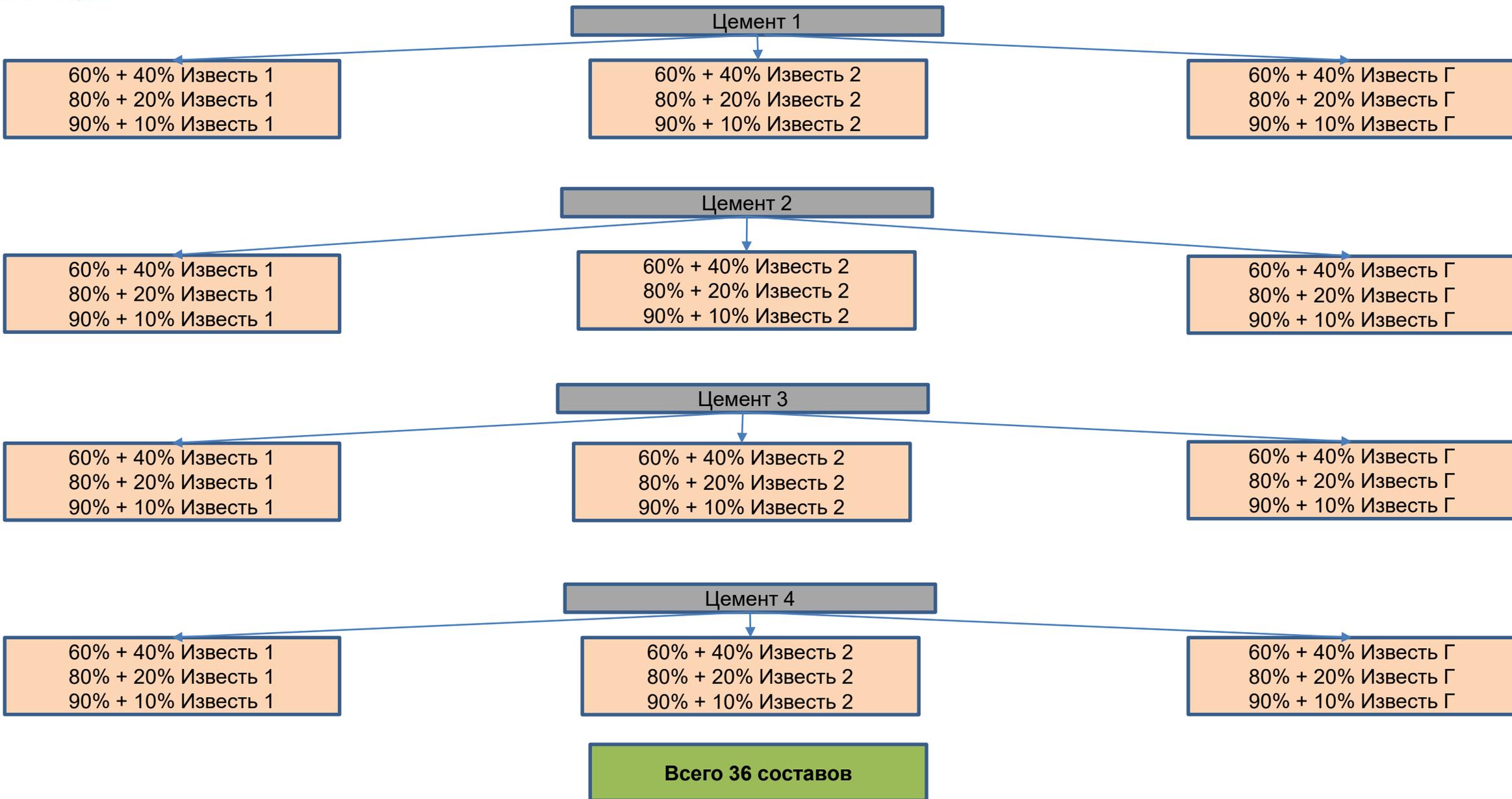


ИСПЫТАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ





ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ КМВ





ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ





РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ

Вид цемента	Прочность при сжатии на 28 суток, МПа, при применении извести								
	40%, 1 с	40%, 2 с	40%, г	20%, 1 с	20%, 2 с	20%, г	10%, 1 с	10%, 2 с	10%, г
1	24,1	10,4	23,8	29,2	13,8	30,7	29,6	29,1	43,4
2	17,2	15,3	9,1	27,6	21,0	19,4	28,9	32,9	31,1
3	20,0	11,8	25,5	27,7	12,9	31,5	28,1	28,1	39,5
4	16,0	14,4	19,4	24,6	14,4	27,4	27,0	24,4	33,6

Требования EN 13282-1

	Прочность на сжатие в возрасте 28 суток, МПа	
E 2	≥12,5	≤32,5
E 3	≥22,5	≤42,5
E 4	≥32,5	≤52,5

Обозначение цемента

Наименование	Тип цемента
Цемент 1	ЦЕМ I 32,5 Н
Цемент 2	ЦЕМ II/A-П 32,5 Н
Цемент 3	ЦЕМ I 32,5 Н
Цемент 4	ЦЕМ II/B-К (Ш-И) 42,5 Н



РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ

Вид цемента	Прочность при сжатии на 56 сутки, МПа, при применении извести								
	40%, 1 с	40%, 2 с	40%, г	20%, 1 с	20%, 2 с	20%, г	10%, 1 с	10%, 2 с	10%, г
1	24,3	12,1	29,0	29,9	14,1	35,6	33,2	33,0	47,1
2	19,8	15,6	10,7	32,8	21,5	20,0	34,9	34,1	33,3
3	20,7	12,9	27,2	28,0	14,9	32,6	29,7	32,9	41,6
4	18,9	16,3	20,6	24,8	17,2	31,6	29,1	25,5	34,7

Требования EN 13282-2

	Прочность на сжатие в возрасте 56 суток, МПа	
N 1	≥5,0	≤22,5
N 2	≥12,5	≤32,5
N 3	≥22,5	≤42,5
N 4	≥32,5	≤52,5

Обозначение цемента

Наименование	Тип цемента
Цемент 1	ЦЕМ I 32,5 Н
Цемент 2	ЦЕМ II/A-П 32,5 Н
Цемент 3	ЦЕМ I 32,5 Н
Цемент 4	ЦЕМ II/B-К (Ш-И) 42,5 Н



ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ НАЧАЛА СХВАТЫВАНИЯ





РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ СРОКОВ НАЧАЛА СХВАТЫВАНИЯ

Состав комплексного минерального вяжущего	известь 1 сорт		известь 2 сорт		известь гидратная	
	Влажность при нормальной густоте, %	Начало схватывания, мин	Влажность при нормальной густоте, %	Начало схватывания, мин	Влажность при нормальной густоте, %	Начало схватывания, мин
Цемент 1 (60%), изв. (40%)	40,2	202	44,4	219	52,5	275
Цемент 1 (80%), изв. (20%)	32,9	165	36,4	200	36,3	190
Цемент 1 (90%), изв. (10%)	27,2	162	29,3	240	31,2	155
Цемент 2 (60%), изв. (40%)	45,8	232	44,1	290	56,9	265
Цемент 2 (80%), изв. (20%)	39,4	219	36,7	309	46,1	248
Цемент 2 (90%), изв. (10%)	35,6	205	35,1	288	41,1	220
Цемент 3 (60%), изв. (40%)	41,1	188	40,1	255	45,0	230
Цемент 3 (80%), изв. (20%)	30,0	192	35,4	275	31,4	160
Цемент 3 (90%), изв. (10%)	27,3	175	28,3	295	26,4	155
Цемент 4 (60%), изв. (40%)	42,4	193	45,6	255	48,1	225
Цемент 4 (80%), изв. (20%)	32,8	150	38,0	195	35,0	195
Цемент 4 (90%), изв. (10%)	28,5	130	29,6	165	25,9	155

ТРЕБОВАНИЯ EN 13282

Быстротвердеющие - не менее 90 мин

Нормальнотвердеющие - не менее 150 мин



РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТОНКОСТИ ПОМОЛА

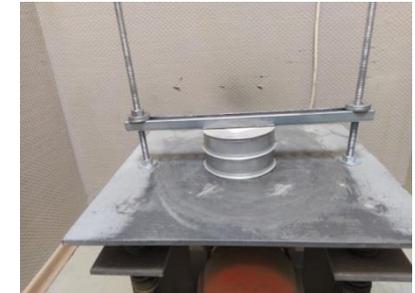
Состав комплексного минерального вяжущего	Остаток на сите 0,08 мм, %
Цемент 1 (60%), известь 1 сорт (40%)	5,2
Цемент 1 (80%), известь 1 сорт (20%)	3,4
Цемент 1 (90%), известь 1 сорт (10%)	2,5
Цемент 2 (60%), известь 1 сорт (40%)	11,3
Цемент 2 (80%), известь 1 сорт (20%)	11,6
Цемент 2 (90%), известь 1 сорт (10%)	11,8
Цемент 3 (60%), известь 1 сорт (40%)	11,4
Цемент 3 (80%), известь 1 сорт (20%)	11,7
Цемент 3 (90%), известь 1 сорт (10%)	11,9
Цемент 4 (60%), известь 1 сорт (40%)	7,1
Цемент 4 (80%), известь 1 сорт (20%)	6,0
Цемент 4 (90%), известь 1 сорт (10%)	5,4
Цемент 1 (60%), известь 2 сорт (40%)	2,1
Цемент 1 (80%), известь 2 сорт (20%)	1,9
Цемент 1 (90%), известь 2 сорт (10%)	1,8
Цемент 2 (60%), известь 2 сорт (40%)	8,2
Цемент 2 (80%), известь 2 сорт (20%)	10,1
Цемент 2 (90%), известь 2 сорт (10%)	11,0

Состав комплексного минерального вяжущего	Остаток на сите 0,08 мм, %
Цемент 3 (60%), известь 2 сорт (40%)	8,3
Цемент 3 (80%), известь 2 сорт (20%)	10,2
Цемент 3 (90%), известь 2 сорт (10%)	11,1
Цемент 4 (60%), известь 2 сорт (40%)	4,0
Цемент 4 (80%), известь 2 сорт (20%)	4,4
Цемент 4 (90%), известь 2 сорт (10%)	4,6
Цемент 1 (60%), известь гашеная (40%)	1,0
Цемент 1 (80%), известь гашеная (20%)	1,3
Цемент 1 (90%), известь гашеная (10%)	1,5
Цемент 2 (60%), известь гашеная (40%)	7,2
Цемент 2 (80%), известь гашеная (20%)	9,5
Цемент 2 (90%), известь гашеная (10%)	10,7
Цемент 3 (60%), известь гашеная (40%)	7,2
Цемент 3 (80%), известь гашеная (20%)	9,6
Цемент 3 (90%), известь гашеная (10%)	10,8
Цемент 4 (60%), известь гашеная (40%)	2,9
Цемент 4 (80%), известь гашеная (20%)	3,9
Цемент 4 (90%), известь гашеная (10%)	4,4



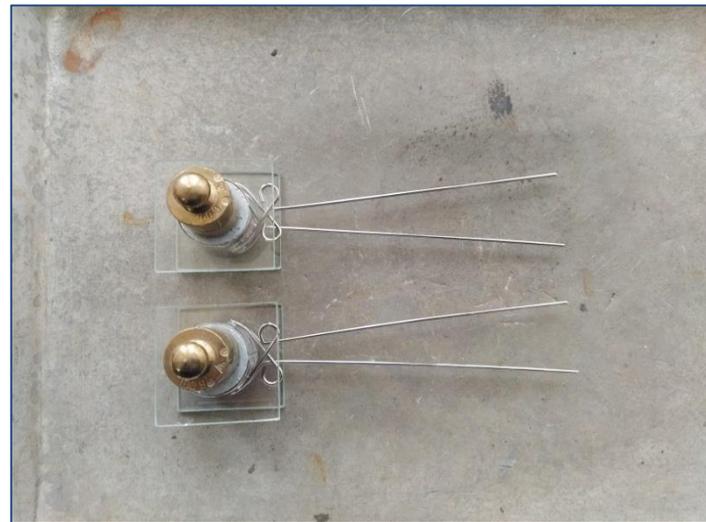
ТРЕБОВАНИЯ EN 13282

полный остаток не более 15 %





ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА В КОЛЬЦАХ ЛЕ-ШАТЕЛЬЕ





РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА

Состав комплексного вяжущего	минерального	Расширение, мм С известью 1 с	Расширение, мм С известью 2 с	Расширение, мм С известью гаш
Цемент 1 (60%), известь (40%)		16,5		3,0
Цемент 1 (80%), известь (20%)		1,5		1,0
Цемент 1 (90%), известь (10%)		0,5		1,5
Цемент 2 (60%), известь (40%)		8,5		3,1
Цемент 2 (80%), известь (20%)		1,5		1,2
Цемент 2 (90%), известь (10%)		1,0		1,0
Цемент 3 (60%), известь (40%)		14,5		ведутся испытания
Цемент 3 (80%), известь (20%)		4,0		ведутся испытания
Цемент 3 (90%), известь (10%)		2,0		ведутся испытания
Цемент 4 (60%), известь (40%)		8,0		ведутся испытания
Цемент 4 (80%), известь (20%)		6,0		ведутся испытания
Цемент 4 (90%), известь (10%)		2,5		ведутся испытания

ТРЕБОВАНИЯ EN 13282

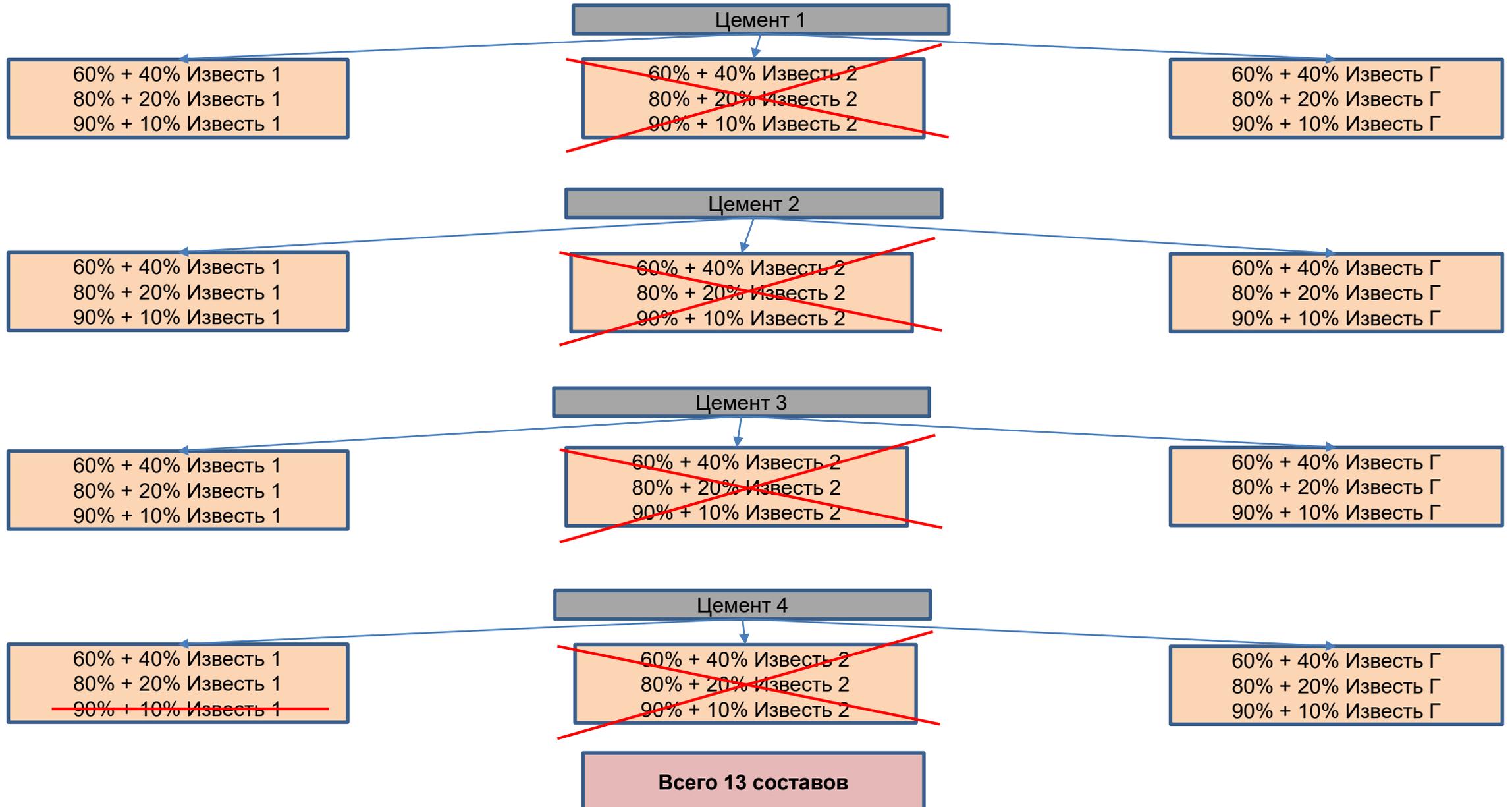
Быстротвердеющие
- не более 10 мм

Нормальнотвердеющие
- не более 30 мм





ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ КМВ





СОСТАВЫ КМВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ С ГРУНТАМИ

Всего 6 составов вяжущих

Супесь

7% КМВ
Цемент 1 – 80%
Известь г – 20%

12% КМВ
Цемент 1 – 80%
Известь г – 20%

7% КМВ
Цемент 2 – 80%
Известь г – 20%

12% КМВ
Цемент 2 – 80%
Известь г – 20%

Суглинок

7% КМВ
Цемент 3 – 60%
Известь 1с – 40%

12% КМВ
Цемент 3 – 60%
Известь 1с – 40%

7% КМВ
Цемент 1 – 60%
Известь 1с – 40%

12% КМВ
Цемент 1 – 60%
Известь 1с – 40%

Песок

7% КМВ
Цемент 4 – 90%
Известь 1с – 10%

12% КМВ
Цемент 4 – 90%
Известь 1с – 10%

7% КМВ
Цемент 1 – 90%
Известь 1с – 10%

12% КМВ
Цемент 1 – 90%
Известь 1с – 10%



ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЕННЫХ КМВ

В соответствии с программой испытаний были подготовлены образцы грунта, укрепленного комплексными минеральными вяжущими. Далее они были испытаны на соответствие требованиям ПНСТ 322-2019 по прочности на сжатие и прочности на растяжение при раскалывании





РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЕННЫХ КМВ

Грунт и состав КМВ	Прочность при сжатии на 28 сутки, МПа	Прочность при раскалывании на 28 сутки, МПа	Марка по ПНСТ 322
Супесь + 7%КМВ (Ц 1[80] + И г[20])	2,0	0,4	M20
Супесь + 12%КМВ (Ц 1[80] + И г[20])	9,3	1,0	M80
Супесь + 7%КМВ (Ц 2[80] + И г[20])	1,4	0,3	M10
Супесь + 12%КМВ (Ц 2[80] + И г[20])	2,8	0,4	M20
Суглинок + 7%КМВ (Ц 3[60] + И 1с[40])	3,0	0,4	M20
Суглинок + 12%КМВ (Ц 3[60] + И 1с[40])	4,0	0,4	M40
Суглинок + 7%КМВ (Ц 1[60] + И 1с[40])	3,3	0,4	M20
Суглинок + 12%КМВ (Ц 1[60] + И 1с[40])	4,0	0,5	M40
Песок + 7%КМВ (Ц 4[90] + И г[10])	2,3	0,3	M20
Песок + 12%КМВ (Ц 4[90] + И г[10])	6,7	0,8	M60
Песок + 7%КМВ (Ц 1[90] + И г[10])	4,5	0,6	M40
Песок + 12%КМВ (Ц 1[90] + И г[10])	7,1	0,8	M60



РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ИНДЕКСА НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ (IPI) И ЗНАЧЕНИЯ КАЛИФОРНИЙСКОГО ЧИСЛА (CBR)

Материал	IPI	CBR
Супесь	37,4	35,7
Супесь + КМВ (Ц 4[80] + И г[20])	31,0	97,1
Суглинок	11,7	3,9
Суглинок + КМВ (Ц 1[60] + И г[40])	66,4	185
Песок	29,5	14,3
Песок+ КМВ (Ц 3[90] + И г[10])	25,7	176





Разработка ГОСТ Р, распространяющегося на комплексные минеральные вяжущие

На данный момент идет разработка первой редакции проекта ГОСТ Р, распространяющегося на комплексные минеральные вяжущие. В проекте ГОСТ Р предусмотрены следующие требования для комплексных минеральных вяжущих:

- По прочности на сжатие;
- По тонкости помола;
- По срокам схватывания;
- По равномерности изменения объема;
- Рекомендации по содержанию основных компонентов



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!