

«Эффективность применения современной стальной арматуры при проектировании и строительстве цементобетонных покрытий автомобильных дорог»

Игорь Черенков

Руководитель направления по работе с
государственными компаниями
ООО ТК «Новосталь-М»



На фоне роста нагрузок на автомобильные дороги, существует потребность в строительстве дорог с большим сроком службы и минимальным обслуживанием. На ресурс дорожного покрытия влияют такие параметры как толщина покрытия, марка и конструкция продольного и поперечного сечения арматуры, материал основания и сцепления покрытия с ним, а также условия окружающей среды во время строительства и в течение срока службы. С целью повышения одной из характеристик цементно-бетонных покрытий, снижением затрат на ремонтные работы и продления в целом срок эксплуатации покрытий предлагается рассмотреть мировые практики применения армирующих составляющих.

Опыт применения металлопродукции при строительстве непрерывно-армирующего цементно-бетонного покрытия (НАЦП) в США.



Рекомендуемые Федеральной ассоциацией автомагистралей США параметры продольного армирования арматурой марки 60 (grade 60), пределом текучести 420 мПа в зависимости от толщины покрытия. Применение в строительстве в Техасе и Иллинойсе(26 т. км.).

Толщина покрытия, мм	Диаметр арматуры, мм	Расстояние между стрежнями, мм	Процент армирования
228	19	178	0,70
254	19	152	0,73
280	19	140	0,73
305	19	127	0,70
305	22	178	0,71



Инициирование трещин в НАЦП

Опыт применения металлопродукции при строительстве непрерывно-армирующего цементно-бетонного покрытия (НАЦП) при строительстве кольцевой автодороги Автодорога (Болгария)

	Поколение 1	Поколение 2	Поколение 3	Поколение 4
Описание	однослойное покрытие с поверхностной обработкой		однослойное покрытие	одно- или двухслойное покрытие
Годы	1965 – 1980	1980 – 1990	1990 – 2012	2012 – н.в.
Толщина бетонного слоя, см	20 - 23		23	25
Процент армирования	0,85	0,67	0,76	0,75
Продольная арматура	ø 18 мм каждые 15 см	ø 16 мм каждые 15 см	ø 20 мм каждые 18 см	
Поперечная арматура	ø 12 мм каждые 60 см			ø 12 мм каждые 70 см
Толщина слоя бетона над арматурой, см	6 - 8	8 - 10	7 - 9	8 - 10 (двухслойное)
Обработка поверхности	матовая или нанесение бороздок		бетон с обнаженным заполнителем	
Промежуточный слой из асфальтобетона, см	6	-	5	
Слой основания из тощего бетона, см	20			25
Нижний слой основания, см	20			
Максимальный диаметр частиц крупного заполнителя, мм	40	31,5	20	20 для однослойного; 6,3 для верхнего слоя и 31,5 для нижнего слоя двухслойного
Наличие воздухововлекающих добавок в бетоне	нет		да	Да (в однослойном и верхнем слое двухслойного)
Инициирование трещин	нет			да



Арматура марки BE 500 S DIN 488 (JUMBO SPOOLED) с покрытием оксида железа.

При строительстве железобетонной автодороги применяется арматура диаметрами 12-20 мм марки BE 500 S DIN 488 (с процентом продольного армирования 0,67 – 0,85 %). В поперечном армировании применяется арматура диаметром 12 мм, расположенная под углом 60 градусов (аналогичная схема армирования при строительстве мостов).



Опыт применения металлопродукции при строительстве непрерывно-армирующего цементно-бетонного покрытия (НАЦП) на территории России.

Устройство дорожной одежды при строительстве пяти экспериментальных участков с НАЦП с различной толщиной покрытия (г. Москва. ул. Профсоюзная 1973 г.).

№ участка	Длина участка, м	Конструкция		Армирование		
		Материал	Толщина слоя, см	Марка и диаметр арматуры	Процент армирования	Диаметр и шаг поперечной арматуры, мм/см
1	55	Цементобетон М350	20	А-П 14	0,85	14 40
		Песчано-цементная смесь	10			
		Песок	35			
2	55	Цементобетон М350	20	А-Ш 14	0,68	14 40
		Песчано-цементная смесь	10			
		Песок	35			
3	85	Цементобетон М350	16	А-П 10 (два слоя)	0,85	10 30
		Песчано-цементная смесь	14			
		Песок	35			
4	100	Цементобетон М350	20	А-Ш 12	0,63	12 40
		Песчано-цементная смесь	10			
		Песок	35			
5	200	Мелкозернистый а/б	4	А-І 5,5	0,36	5,5 15
		Крупнозернистый а/б	4			
		Цементобетон М200	18			
		Песок	35			



Устройство дорожной одежды с двухслойным армированием (на 3 участке) со сваркой в пространственные каркасы.

С целью снижения затрат и себестоимости, а также с сохранением технологии по устройству (НАЦП) предложена конструкция с применением арматуры повышенной прочности А-IIIВ диаметром 6 мм для снижения общей стоимости конструкции за счёт снижения расхода металла. В качестве дальнейшего исследования (НАЦП) предполагалась исследование дисперсного армирования и уменьшение толщины цементобетона. (Исследование 1973 г., после 1973 г. НАЦП в России не строилось, новые разработки датированы 2003 г.)

Материал	Толщина слоя, см	Марка и диаметр арматуры, мм
Цементобетон М350	18	А-IIIВ 6
Песчано-цементная смесь	10	
Песок	35	

Мировой опыт применимости марок арматуры в строительстве
цементобетонных покрытий автомобильных дорог.

Страна	Марка	Российский аналог	Диаметр арматуры, мм	Предел текучести, (мПа)	Предел прочности, (мПа)	Толщина покрытия, мм	Процент армирования, %	Примечание
США	A 615 Grade 60 [A 615M] / A 615 Grade 60 (ASTM A 615)	Сталь 17ГС, 17Г1С (конструкционная углеродистая сталь), 27ГС по ГОСТ 5781-82	16, 19, 22	420	600-620	228-305	0,7	Свариваемые марка стали
Бельгия	BE 500S, BSt500S – DIN488	A500C, B500C ГОСТ 34028-2016	16, 18, 20	500	600	200-250	0,67 – 0,85	Свариваемые марка стали
Германия	BE 500S, BSt500S – DIN488 (холоднодеформированная)	B500C, A500C, ГОСТ 34028-2016	16, 18, 20	500	600	200-250	0,67 – 0,85	Свариваемые марка стали
Россия	A- IIIв (25Г2С и 35ГС, рекомендации от 1981 г), A-I (ст.3), I, A-III (35Г2С, 25Г2С) ГОСТ 5781-82	A 240, A400 ГОСТ 34028-2016	5,5, 6, 10, 12, 14	240 (A240), 390 (A400)	590	610-650	0,36 – 0,85	Не все виды сварки (ДС, ГС) применимы к данным маркам стали
Россия	A500CHУ, A550CK (новая формула)	A500C в случае понижения тех. параметров по проекту.	8-40	550	650	610-650	0,36 – 0,85	Свариваемая, коррозионно- стойкая



Исходя из имеющихся мировых практик при строительстве цементобетонных дорог имеются следующие конструктивные параметры составляющие конструкцию дорожного покрытия:

- а) толщина цемента-бетонного покрытия варьируется от 200 до 650 мм;
- б) использование арматурного проката и сеток диаметрами от 6 до 22 мм, с пределом текучести 420–500 мПа, согласно аналогов марок проката А500С и ниже (А400), в соответствии актуального ГОСТ 34028–2016.
- в) инициирование поперечных трещин путём устройства прорезей, дающие более равномерного расстояние между трещинами и меньшую ширину раскрытия.
- г) применение практики текстурирования покрытия, аналогично формы покрытия со швами.

Вывод: Для повышения характеристик цементобетонных покрытий при строительстве автомобильных дорог необходимо применять новейшие наработки имеющейся в металлургической промышленности. Так в ряде Российских металлургических компаниях имеются технические разработки, оборудование и сырьевые базы соответствующего качества, позволяющие создавать продукты высоких

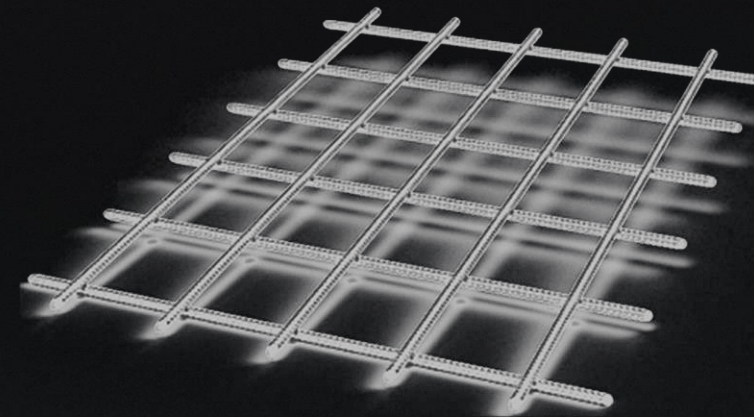
«Современная стальная арматура и её производные для проектирования и строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог»



Прутковая арматура А550СК



Бунтовая арматура А500СНУ



Металлоизделия в виде плоских сеток из арматуры В500С, А500СНУ, А550СК и проволоки ВР1

БУНТОВАЯ АРМАТУРА А500СНУ РЯДНОЙ СМОТКИ ПОВЫШЕННОЙ ГРУППЫ ПЛАСТИЧНОСТИ

- Бунтовая арматура А500СНУ обладает сочетанием преимуществ горячекатаной арматуры с высокой пластичностью (класс Н по ГОСТ 34028) и плотностью холоднодеформированного бунта класса В500С без окалины.
- Возможно применение в дорожном строительстве.
- **Преимущества – экономический эффект ~ до 10%.**

Описание

Компактная бухта рядной смотки (экономический эффект за счет увеличения производительности оборудования, снижения затрат на транспортную логистику **до 5%**);
Очищенная от окалины поверхность (экономический эффект за счет отсутствия потерь от окалины **до 2%**);
Повышенная категория пластичности (класс Н по ГОСТ 34028-2016) увеличивает безопасность конструкции.
Н- повышенная пластичность.
У- Выносливость к циклическим нагрузкам.

Применение

На предприятиях оборудованных линиями по производству сеток и каркасов ведущих мировых производителей
Возможна прямая замена на арматуру В500С по ГОСТ 52544-2006 без пересогласования проекта

Продажи

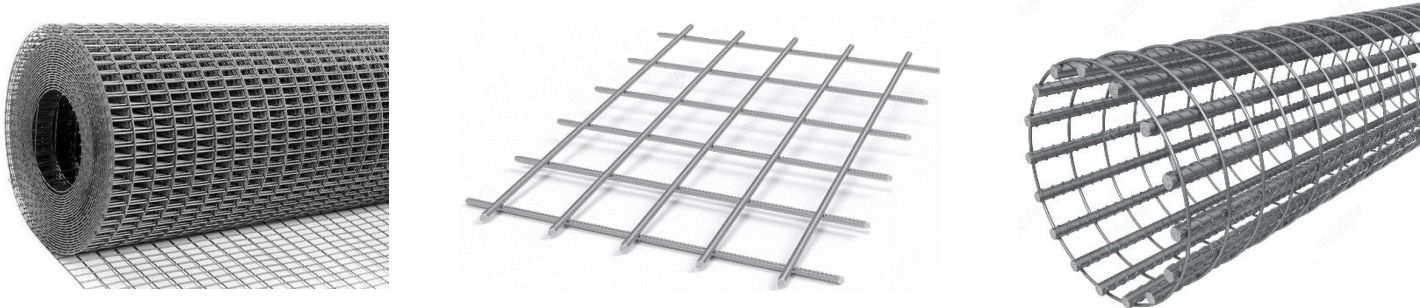
Дорожное строительство.

Внешний вид

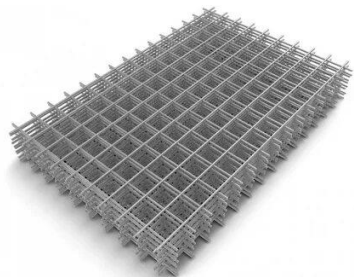


ГОТОВЫЕ АРМАТУРНЫЕ ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

- Готовые арматурные изделия в виде плоских сеток, пространственных каркасов, закладных изделий, арматуры с учетом правки, резки и загибов значительно эффективнее товарной арматуры
- Возможно применение в дорожном строительстве
- **Преимущества – экономический эффект: 10% снижение металлоёмкости. Значительное сокращение времени на армирование.**

Описание	Готовые арматурные изделия поставляются на объекты дорожного строительства взамен товарной арматуры		
Преимущества	➤ Сокращение времени на армирование в 10 раз ➤ Экономия на отходах металла и брака на 10% ➤ Повышение технологичности и качества строительства ➤ Рост производительности труда рабочих на стройке в 10 раз ➤ Отсутствие затрат на обработку и вязку арматуры		
Продажи	Дорожное строительство		
Внешний вид			

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АРМИРОВАНИЯ ГОТОВЫМИ ИЗДЕЛИЯМИ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА



Состав работ при установке арматуры:

- 1. Разметка расположений арматурных стержней и хомутов.
- 2. Укладка прокладок с закреплением.
- 3. Установка арматурных стержней в опалубку с установкой упоров для фиксации арматурных стержней.
- 4. Вязка узлов арматуры (или установка арматуры со сваркой)

Состав работ при установке изделий:

- 1. Подноска и укладка бетонных прокладок с закреплением.
- 2. Установка сеток свыше 100 кг краном в опалубку (или до 100 кг вручную).
- 3. Выверка устанавливаемых сеток и каркасов.

№ арматуры, мм	Норма времени, ч час/т (%)		
	Вязка арматуры	Сварка арматуры	Готовые изделия
До 12	18,5 (1000%)	13,9 (750%)	1,85 (100%)
До 18	14 (760%)	10,5 (565%)	
До 26	10 (540%)	7,5 (405%)	
26 и выше	6,7 (360%)	5,0 (270%)	

в скобках указано относительное изменение трудозатрат

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ А500С и А550СК

ПАРАМЕТРЫ		А500С	А550СК	ПРИРОСТ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРЕДЕЛ ТЕКУЧЕСТИ, ΣT , НЕ МЕНЕЕ, η /ММ2		500	550	10%
ВРЕМЕННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ РАЗРЫВУ, НЕ МЕНЕЕ, ΣB , η /ММ2		600	650	8,3%
ОТНОШЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ ЗНАЧЕНИЙ, $\Sigma B/\Sigma T$		1,05	1,05	-
- // -		1,05	1,15*	10%
ЗНАЧЕНИЯ РАСЧЕТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ АРМАТУРЫ ДЛЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ПЕРВОЙ ГРУППЫ, МПА	РАСТЯЖЕНИЮ, RS	435	480	10%
	СЖАТИЮ, RSC	435 (400)	470 (400)	8%
КОЭФФИЦИЕНТ ДЛИНЫ АНКЕРОВКИ η_1 **		2,5	2,8	12%

НА 10% В СРЕДНЕМ АРМАТУРА А550СК ПРЕВЫШАЕТ ПАРАМЕТРЫ А500С

*. При необходимости возможно назначение индексов Н и Е по ГОСТ 34028-2016

** При требовании к критерию Рэма f_r не менее 0,075 и дополнительном согласовании с ПИ увеличения η_1

ПРЕИМУЩЕСТВА НОВЫХ МАРОК АРМАТУРЫ



ЕВРОПЕЙСКИЙ СЕРПОВИДНЫЙ
ПРОФИЛЬ ПО ГОСТ 34028-2016
ФОРМА 2Ф



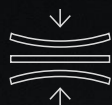
ПОВЫШЕННЫЕ ПРОЧНОСТЬ
И КОРРОЗИОННАЯ
СТОЙКОСТЬ



КРИТЕРИЙ РЭМА $F_R \geq 0,075$ ВЕЛИЧИНА
РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИНЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОНЕ = 0,4мм



ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
ВСЕМИ ВИДАМИ СВАРКИ. НАЗНАЧЕНИЕ ИНДЕКСА
С



ПОВЫШЕННАЯ ИЛИ ВЫСОКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ ДЛЯ
СЕЙСМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ РЕГИОНОВ. НАЗНАЧЕНИЕ
ИНДЕКСОВ Н И Е



ВОЗМОЖНОСТЬ НАЗНАЧЕНИЯ ИНДЕКСА У. ПРЕДЕЛ
ВЫНОСЛИВОСТИ ПРЕВЫШАЕТ НОРМАТИВНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ 2
МЛН ЦИКЛОВ.



ВОЗМОЖНОСТЬ УМЕНЬШЕНИЯ ДЛИНЫ АНКЕРОВКИ
И НАХЛЕСТКИ ПРИ F_R НЕ МЕНЕЕ 0,075*



ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА
В МИНУСОВОМ ДОПУСКЕ*



ЭКОНОМИЯ до 15 %, ПРИМЕНЯЯ АРМАТУРНЫЙ ПРОКАТ А550СК

ДО 10% ЭКОНОМИИ ЗА СЧЁТ
ПОВЫШЕННОГО КЛАССА
ПРОЧНОСТИ

$$10 + 5 = 15$$

ДО 5% ЭКОНОМИИ ЗА
СЧЁТ МЕНЬШЕГО ВЕСА
ПОГОННОГО МЕТРА

ДО 15% ЭКОНОМИИ ЗА
СЧЁТ
СНИЖЕНИЯ
МЕТАЛЛОЁМКОСТИ
ПРОЕКТА



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ !

Игорь Черенков
Руководитель направления по работе с государственными компаниями
ООО ТК «Новосталь-М»

+7 (908) 70 71 333
CHERENKOV.I.Y@NOVOSTAL-M.RU