

## ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ В АРМИРОВАНИИ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

С.В. СВИРИДОВИЧ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>аспирант специальности 08 00 05 «Экономика и управление народным хозяйством»  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь

*В контексте развития промышленности, актуальным является поиск новых способов оптимизации процесса изготовления готовой продукции как с точки зрения производственного процесса, так и с точки зрения его экономической эффективности. В данном научном исследовании было приведено экономическое обоснование замены стальной арматуры на композитную при производстве сборного железобетона, а конкретно плиты дорожной 2ПП30.18-30. Сделано это было для того, чтобы продемонстрировать очевидную выгоду от правильного технологического решения использования более дешевого и конкурентоспособного материала.*

Ключевые слова: композитная арматура, сборный железобетон, экономика, экономическое обоснование, плиты дорожные

S.V. SVIRIDOVICH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>postgraduate student of the specialty 08 00 05 "Economics and management of the national economy"  
Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus

In the context of industrial development, it is relevant to search for new ways to optimize the production process of products both from the point of view of the production process and from the point of view of its economic efficiency. This scientific study provides an economic justification for steel reinforcement for composite in the production of reinforced concrete, specifically road slabs 2PP30.18-30. This was done in order to make an obvious benefit from the correct technological solution of using a cheaper and more competitive material.

Key words: composite reinforcement, precast concrete, economics, economic justification, road slabs.

### ВВЕДЕНИЕ

В данной статье основной задачей являлось с экономической и технологической точки зрения изучить возможность и целесообразность замены стальной арматуры на композитную в процессе производства сборного железобетона, а конкретно такая возможность рассматривается на примере производства дорожной плиты 2ПП30.18-30. Главный тезис – данная замена существенно повлияет на значение себестоимости готовой продукции в сторону уменьшения и на конкурентоспособность.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Композитная арматура — неметаллические стержни из стеклянных, базальтовых, углеродных или арамидных волокон, пропитанных терморезактивным или термопластичным полимерным связующим и отверждённых. Арматуру, изготовленную из стеклянных волокон, принято называть стеклопластиковой (АСП), из базальтовых волокон — базальтопластиковой (АБП), из углеродных волокон — углепластиковой. Для сцепления с бетоном на поверхности

композитной арматуры в процессе производства формируются специальные рёбра или наносится покрытие из песка [1].

Композитная арматура применяется в промышленном и гражданском строительстве для возведения жилых, общественных и промышленных зданий, в малоэтажном и коттеджном строительстве для применения в бетонных конструкциях, для слоистой кладки стен с гибкими связями, для ремонта поверхностей железобетонных и кирпичных конструкций, а также при работах в зимнее время, когда в кладочный раствор вводятся ускорители твердения и противоморозные добавки, вызывающие коррозию стальной арматуры [2]. В дорожном строительстве применяется для сооружения насыпей, устройства покрытий, для элементов дорог, которые подвергаются агрессивному воздействию противогололёдных реагентов, для смешанных элементов дорог (типа «асфальтобетон — рельсы»). Также применяется для укрепления откосов дорог, в строительстве мостов (проезжая часть, ездое полотно пролётных строений, опоры диванного типа), для берегоукрепления, в виде сеток в основание асфальта [3].

На территории Республики Беларусь и стран СНГ применение композитной арматуры с каждым годом увеличивается. Появляются крупные проектные и строительные компании, массово использующие в строительстве композитную арматуру. Этому способствует появление нормативных документов: ГОСТ 31938-2012, СНиП 52-01-2003, СП.ПКА и АНК-С применяется в армогрунте, габионах, в креплении горных выработок стеклопластиковыми анкерами, крепление грунта по трассе проходки тоннелей, в буроинъекционных анкерных микросваях с тягой из стальной или неметаллической композитной арматуры, закрепляемой в скважине путём инъекции цементного раствора [4]. Стеклопластиковая арматура рекомендована для применения в качестве рабочей арматуры в бетонных конструкциях, используемых в районах с сейсмичностью 7-9 баллов [5].

Для несущих элементов погружных и буроинъекционных нагелей возможно применение АНК взамен следующих видов стальной арматуры: - горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса АIII (А 400), АIV (А 600), AV (А 800) по ГОСТ 5781; - термомеханически упрочненная арматурная сталь периодического профиля класса Ат400с, Ат500с, Ат600, Ат600с, Ат800 по ГОСТ 10884 [6]

АНК может быть использована для укрепления грунтового основания под различными строительными конструкциями, в т.ч. под водопропускными сооружениями, заложенными в теле насыпей различного назначения.

Композитная арматура имеет ряд преимуществ относительно металлической. Основные отличительные особенности этих материалов будут представлены в таблице [7].

Таблица 1. – Сравнительные характеристики металлической и композитной арматуры

Характеристики	Металлические пруты	Композитные стержни
Материал	Сталь	Стекловолокно, другие материалы, связанные полимером или терморезактивными смолами
Диаметр, мм	6-40	4-12
Длина, м	6-12	6-100
Вес, кг/п.м.	от 0,03	от 0,222
Коррозионная стойкость	Подвергается коррозии	Относится к нержавеющей материалам первой группы химической стойкости
Теплопроводность	0,35-0,5 Вт/м*К	до 47 Вт/м*К
Электропроводность	Да	Нет, диэлектрик
Временное сопротивление разрыву	0,37-1,23 кН/мм <sup>2</sup>	1,25 кН/мм <sup>2</sup>
Модуль упругости	200 кН/мм <sup>2</sup>	30-55 кН/мм <sup>2</sup>

Предел прочности на растяжение, Мпа	390	1200
Диапазон рабочих температур	до + 1200°C	-15°C - + 160°C
Срок эксплуатации	Различная, определяется строительными нормами	До 80 лет

Источник: собственная разработка автора на основании [7]

В таблице 2 будут описаны плюсы и минусы использования композитной арматуры при строительстве жилых и нежилых объектов [8].

Таблица 2. Качественные характеристики и недостатки композитной арматуры

<b>Композитная арматура</b>	
<b>Преимущества использования</b>	<b>Выявляемые недостатки</b>
Небольшой вес материала	Небольшая огнестойкость
Повышенная стойкость к влаге и химическому воздействию	Малый диапазон рабочих температур.
Композитная арматура не проводит электрический ток, который окисляет металл	Низкая прочность на изгиб и сжатие. Пруты могут тянуться еще при заливке бетона, что требует дополнительного контроля при армировании.
Низкий коэффициент теплового расширения. Это означает, что значительно снижен риск образования трещин в бетонных конструкциях	Усложненный монтаж. Стекловолокно нельзя сваривать, в качестве связующих элементов используются пластиковые хомуты, которые не отличаются высокой надежностью. При необходимости применения сварочного аппарата используются композитные пруты со стальным стержнем.
Не создает помех для радиосигналов	
Легкость транспортировки	

Источник: собственная разработка автора на основании [8]

Если подробно проанализировать информацию, представленную в таблицах, можно сделать вывод, что композитная арматура выигрывает по следующим показателям: более выгодный диаметр и длина, срок эксплуатации. По ценам в некоторых случаях такой вариант арматуры тоже выигрывает. Проигрывает композитная арматура по модулю упругости. При сравнении технических параметров было отмечено, что в отличие от обычной металлической арматуры, композитные пруты имеют меньший вес, стойкость к коррозии, диэлектрические свойства. Стальные пруты, каркасы и армирующие сетки обладают высокой прочностью к разным видам деформаций (изгиб, сжатие) и могут монтироваться с помощью сварного оборудования (одно из основных отличий от стекловолокна). Композитные изделия имеют некоторые ограничения использования, не применяются в балках, перекрытиях и других конструкциях с высокими нагрузками на изгиб [9].

Теперь в каких случаях оптимально использовать композитную арматуру? Для фундамента выбор арматурных прутков зависит от нагрузок будущей конструкции. Для ленточных фундаментов одноэтажных домов и хозяйственных построек допустимо использовать композитные изделия, для многоэтажных зданий со свайно-плитным фундаментом стоит использовать стальную арматуру вида и диаметра сечения, отражаемого в технических требованиях технической документации. Сетка из стекловолоконных прутков при заливке бетоном начинает менять форму

под давлением. Можно соединять стальную и композитную арматуру, сваривая основной каркас из металлических прутков и заполнять его стеклопластиковыми стержнями [10].

В качестве идеального варианта, который мог бы продемонстрировать потенциальную экономическую выгоду и конкурентоспособность замены арматуры предлагаем рассматривать плиту дорожную 2ПП30.18-30. Вариант идеален с той точки зрения, что плиты дорожные – продукция широко востребованная и относится к несущим конструкциям

Для лучшего понимания ситуации, необходимо рассмотреть конкретный практический пример. Плиты 2ПП30.18-30 изготавливаются на ЗСК ОАО «Минскжелезобетон» по агрегатно - поточной технологии в металлических формах в количестве 16 форм по 2 изделия в каждой=32 изделия в сутки  $\times 0,9\text{м}^3=28,8\text{ м}^3$  сборного железобетона. Годовой выпуск изделий соответственно составляет  $28,8 \times 252$  рабочих дня= $7258\text{ м}^3$

Определим затраты на производство плит железобетонных для покрытий временных автомобильных дорог серии БЗ.503.1-1 в части стоимости материалов для армирования и сравним их с затратами при применении в армировании композитной арматуры (стеклопластик).

Необходимо оценить разницу в стоимости рассматриваемых альтернативных материалов.

Таблица 3. Сравнительная таблица цен на стеклопластиковую и алюминиевую арматуру

Арматура, материал		Диаметр арматуры, мм		Стоимость 1 п.м., руб.		Вес 1 п.м., кг	
Стеклопластик	Сталь А-III	4	6	11	6,62	0,02	0,222
Стеклопластик	Сталь А-III	6	10	13	16,84	0,05	0,617
Стеклопластик	Сталь А-III	8	12	18	24,29	0,08	0,89
Стеклопластик	Сталь А-III	10	14	26,50	33,05	0,14	1,21
Стеклопластик	Сталь А-III	12	16	36,50	43,13	0,2	1,58
Стеклопластик	Сталь А-III	14	18	46	54,60	0,26	2

Источник: собственная разработка автора на основании [10]

Сравним стоимость металлической и композитной арматуры.

Определим затраты на производство плит железобетонных для покрытий временных автомобильных дорог серии БЗ.503.1-1 в части стоимости материалов для армирования и сравним их с затратами при применении в армировании композитной арматуры (стеклопластик).

Армирование проектное (стальная арматура класса S500 СТБ 1704-2012) включает в себя:

Таблица 4. – Расход арматуры на одно изделие (плиту), кг [10].

Наименование	к-во изд. шт.	Расход арматуры на одно изделие (плиту), кг						Расход арматуры на 1м <sup>3</sup> сборного железобетона
		поз.	обозначение	к-во шт.	Вес един.	Вес поз.	Всего	
С-2	2	1	∅10S500 L=2980	7	1,84	12,88	25,76	28,62
		2	∅8S500 L=1730	11	0,68	7,48	14,96	16,62
К1	2	1	∅5S500 L=2100	2	0,32	0,64	1,28	1,42
		2	∅5S500 L=95	5	0,015	0,075	0,15	0,166
П1а	4	1	∅12S240 L=1150	1	1,02	1,02	4,08	4,53
		2	∅5S500 L=400	3	0,062	0,186	0,744	0,827
		3	∅5S500 L=130	8	0,02	0,16	0,64	0,71

Источник: собственная разработка автора

Итого: расход арматуры стальной (СТБ 1704-2012) на 1 м<sup>3</sup> плиты составит:

Таблица 5. – Расход арматуры стальной (СТБ 1704-2012) на 1 м<sup>3</sup> плиты

Наименование арматуры	Расход арматуры на 1 м <sup>3</sup> плиты, кг
∅10S500	28,62
∅8S500	16,62
∅5S500	3,123
∅12S240	4,53 в расчете может не применяться, так как ее замена на композитную арматуру не предполагается

Источник: собственная разработка автора

Армирование предлагаемое (композитная арматура, стеклопластик) с учетом возможных технологических замен включает в себя:

Таблица 6. – Армирование с учетом возможных технологических замен

Наименование	к-во изд. шт.	Расход арматуры на одно изделие (плиту), кг						Расход арматуры на 1м <sup>3</sup> сборного железобетона
		поз.	обозначение	к-во шт.	Вес един.	Вес поз.	Всего	
С-2	2	1	∅6 АСК L=2980	7	0,149	1,043	2,086	2,318
		2	∅6 АСК L=1730	11	0,087	0,957	1,914	2,127
К1	2	1	∅4 АСК L=2100	2	0,042	0,084	0,168	0,187
		2	∅4 АСК L=95	5	0,0019	0,0095	0,019	0,021
П1а	4	1	∅12S240 L=1150	1	1,02	1,02	4,08	4,53
		2	∅4 АСК L=400	3	0,008	0,024	0,096	0,107
		3	∅4 АСК L=130	8	0,0026	0,0208	0,0832	0,092

Источник: собственная разработка автора

Итого: расход арматуры композитной (стеклопластик) на 1 м<sup>3</sup> плиты составит:

Таблица 7. – Расход арматуры композитной на 1 м<sup>3</sup> плиты

Наименование арматуры	Расход арматуры на 1 м <sup>3</sup> плиты, кг
∅ 6 АСК	4,445
∅ 4 АСК	0,407
∅12S240	4,53 в расчете может не применяться, так как ее замена на композитную арматуру не предполагается

Источник: собственная разработка автора

Данные расчета сводим в таблицу и определяем годовой расход материалов на общий объем выпуска продукции = 7258м<sup>3</sup> сборного железобетона для обоих вариантов армирования.

Таблица 8. – Годовой расход материалов на общий объем выпуска продукции

Проектное армирование арматура стальная класса S500				Предлагаемое армирование композиционная арматура (стеклопластик)			
Класс и диаметр арматуры	Расход на 1 изд., т	Расход на 1м <sup>3</sup> , Т	Общий расход с учетом годового выпуска, т	Диаметр, наименование	Расход на 1 изд., т	Расход на 1м <sup>3</sup> , т	Общий расход с учетом годового выпуска, т
∅10S500	0,02576	0,02862	207,7	∅6 АСК	0,004	0,004445	32,2
∅8500	0,01496	0,01662	120,63				
∅5500	0,002814	0,003123	22,7	∅4 АСК	0,0003662	0,000407	2,95
ИТОГО			351,03				35,15

Источник: собственная разработка автора

Экономия материальных ресурсов  $\text{Эм} = 351,03 - 35,15 = 315,88$  т в год.

Определяем экономию денежных средств на приобретение материалов, без учета транспортных расходов на доставку арматуры.

Таблица 9 – Стоимость годовой потребности стальной арматуры

Наименование	Ед. изм.	Цена за 1т руб. (РБ)	Годовой расход материалов т	Стоимость в руб. (РБ) всего	Стоимость в руб. (РФ) курс по состоянию на 25.02.2021г.
∅10S500	т	1870,0	207,7	388399	11 119 863
∅8500	т	1855,98	120,63	223887	6 409 881
∅5500	т	1904,31	22,7	43228	1237618
ИТОГО:			351,03	655514	18 767 362

Источник: собственная разработка автора

Таблица 10– Стоимость годовой потребности композитной арматуры

Наименование	Стоимость 1 м.п. (оптовые цены)	К-во м.п в 1 т материала	Стоимость 1т материала РФ (РБ)	потребность в материале (т. год)	Стоимость в руб. (РФ)
∅4 АСК	4,8	50000	240000(8383)	2,95	708 000
∅6 АСК	6,5	20000	130000(4541)	32,2	4 186 000
ИТОГО:				35,15	4 894 000

Источник: собственная разработка автора

Экономия денежных средств за счет разницы в стоимости материалов= =18 767 362-4 894 000=13 873 362 руб (РФ) или 484 574 руб (РБ)

Статья плановой калькуляции по расчету стоимости сырья и материалов на изготовление 1 м<sup>3</sup> сборного железобетона при замене стальной арматуры арматурой композиционной (стеклопластик) будет выглядеть следующим образом:

Таблица 11 – Статья плановой калькуляции по расчету стоимости сырья и материалов на изготовление 1 м<sup>3</sup> сборного железобетона

Наименование	Ед. изм	Арматура проектная (стальная) класса S500			Арматура композиционная (стеклопластик) АСК			Разница руб. РБ
		Цена	Норма расхода	Стоимость нормированная ед	Цена	Норма расхода	Стоимость нормированная ед	

Песок	м <sup>3</sup>	15,56	0,53795	8,37	15,56	0,53795	8,37	0
Цемент	тн	140,83	0,4263	60,04	140,83	0,4263	60,04	0
Щебень 5-20	тн	23,06	1,1368	26,21	23,06	1,1368	26,21	0
Арматура ø5/ 4АСК	тн	1904,31	0,003123	5,95	8383	0,000407	3,41	2,54
Арматура ø12S240	тн	1886	0,00453	8,54	1886	0,00453	8,54	0
Арматура ø10/ 6АСК	тн	1870	0,02862	53,52	4541	0,004445	20,18	64,18
Арматура ø8/ 6АСК	тн	1855,98	0,01662	30,84				
Стахемент 2000М (хим. добавка)	тн	1750	0,003654	6,39	1750	0,003654	6,39	0
Вода	м <sup>3</sup>	1,7467	0,116725	0,2	1,7467	0,116725	0,2	0
Итого				200,06			133,34	66,72

Источник: собственная разработка автора

Отообразим разницу по конечной стоимости сырья и материалов на изготовление 1 м<sup>3</sup> сборного железобетона при использовании стальной и композитной арматуры в виде графиков

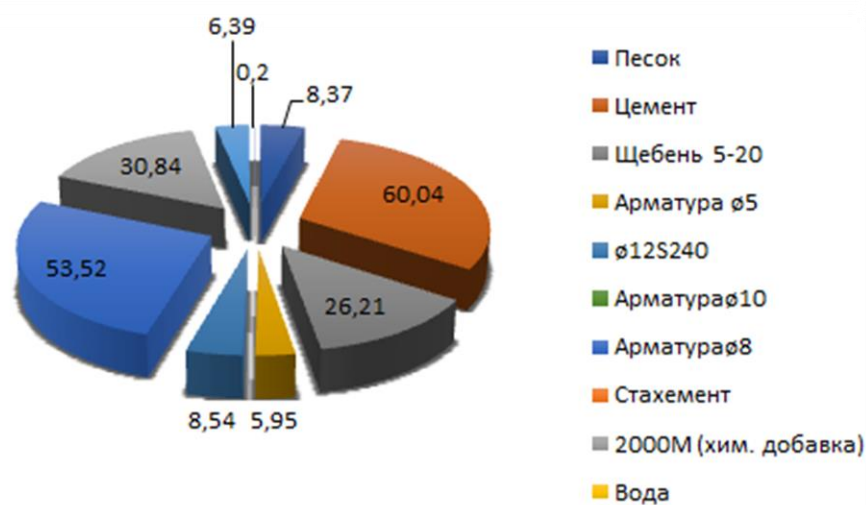


Рисунок 1. – Состав себестоимости при использовании стальной арматуры  
Источник: собственная разработка автора

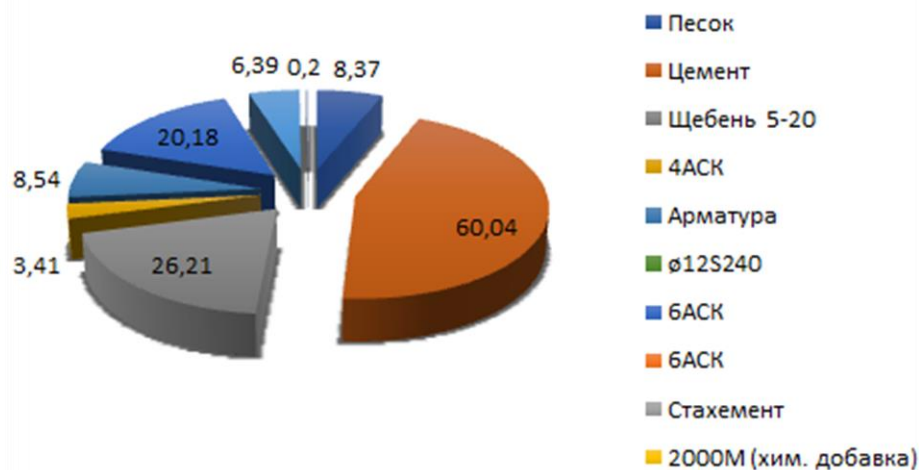


Рисунок 2. – Состав себестоимости при использовании композитной арматуры  
Источник: собственная разработка автора

Разница в стоимости сырья и материалов при замене на композитную арматуру для 1 м<sup>3</sup> сборного железобетона составит 66,72 руб. С учетом годового выпуска плит дорожных равного 7258м<sup>3</sup> получаем существенное снижение расходов по этой статье =66,72 x 7258=484 254 руб.

При использовании композитной арматуры можно сократить статью расхода «Вспомогательные материалы», исключив затраты на электроды для ручной дуговой сварки. Данная арматура не сваривается электродами, сборка сеток и каркасов выполняется посредством вязки всех крестообразных соединений арматуры вязальной проволокой диаметром 1,2мм.

Определяем расход вязальной проволоки исходя из веса 1м. п=0,01кг.

Для выполнения вязки применяем заготовку проволоки длиной 0,2м.п. Вес заготовки на одну вязку =0,2 x 0,01=0,002 кг.

Число связываемых пересечений в арматурном каркасе=190 шт.

Расход вязальной проволоки диаметром 1,2мм на пространственный арматурный каркас плиты дорожной=190x0,002=0,38 кг.

Вычисляем расход вязальной проволоки диаметром 1,2 мм на 1м<sup>3</sup> сборного железобетона =0,38/0,9=0,422кг/м<sup>3</sup>

Статья расхода «Вспомогательные материалы» в плановой калькуляции на 1 м<sup>3</sup> сборного железобетона будет выглядеть так

Таблица 12. – Статья расхода «Вспомогательные материалы» в плановой калькуляции

Наименование	Ед. изм	Арматура проектная (стальная) класса S500			Арматура композиционная (стеклопластик) АСК			Разница руб. РБ
		Цена	Норма расхода	Стоимость нормированная ед	Цена	Норма расхода	Стоимость нормированная ед	
Фиксаторы	шт	0,05	16	0,8	0,05	16	0,8	0
Электроды	тн	2100	0,000449	0,94	0	0	0	0,94
Вязальная проволока Ø1,2	тн	0	0	0	2000	0,000422	0,84	-0,84
Эмульсол	тн	1506	0,00093	1,4	1506	0,00093	1,4	0
Итого				3,14			3,04	0,1

Источник: собственная разработка автора



С учетом годового выпуска продукции в объеме 7 258 м<sup>3</sup> снижение затрат на вспомогательные материалы составит=0,1x 7258=752,8 руб.

Определяем суммарную годовую экономию денежных средств, при замене арматуры стальной на арматуру композитную

Э год =484 254+752,8=485 006,8 руб.

Полученная цифра свидетельствует о том, что замена арматуры стальной на арматуру композитную экономически оправдана. Технологическое решение выгодно заводу и может быть распространено на все номенклатурные группы выпускаемой продукции.

Разработаем плановые калькуляции по расчету отпускной цены плиты дорожной марки 2ПП30.18-30 для обоих вариантов армирования

Таблица 13. – Расчет прямых затрат на изготовление продукции с использованием стальной арматуры

Наименование	Ед. изм.	Цена	Норма расхода	Стоимость нормирован. Ед.
Песок	м <sup>3</sup>	15,56	0,53795	8,37
Цемент	тн	140,83	0,4263	60,04
Щебень 5-20	тн	23,06	1,1368	26,21
Арматура ø5/ 4АСК	тн	1904,31	0,003123	5,95
Арматура ø12S240	тн	1886	0,00453	8,54
Арматураø10/ 6АСК	тн	1870	0,02862	53,52
Арматураø8/ 6АСК	тн	1855,98	0,01662	30,84
Стахемент 2000М (хим. добавка)	тн	1750	0,003654	6,39
<b>Итого стоимость сырья и материалов:</b>				200,70
Возвратные отходы:		176,830	0,000557770	0,10
Услуги сторонних организаций				
Вода	м <sup>3</sup>	1,7467	0,116725000	0,20
Итого стоимость услуг сторонних организаций:				0,20
Вспомогательные материалы				
Фиксаторы	шт	0,050	16,000000000	0,80
Электроды	тн	2 100,000	0,000448611	0,94
Эмульсол	тн	1 506,000	0,000930000	1,40
<b>Итого стоимость вспомогательных материалов</b>				3,14

Источник: собственная разработка автора

Таблица 14. – Расчет стоимости теплоэнергии и электроэнергии в рамках производственного процесса

Наименование	Ед. изм.	Цена	Норма расхода	Стоимость нормирован. Ед.
Теплоэнергия				
Стоимость теплоэнергии (приготовление бетона)	гкал	126,9099	0,0211	2,68
Стоимость теплоэнергии (тех. процесс)	гкал	126,9099	0,1417	17,98
Итого теплоэнергия				20,66
Электроэнергия				

Стоимость электроэнергии (тех. процесс)	кВт/ч	0,3995	41,2	16,46
Итого электроэнергия				16,46

Источник: собственная разработка автора

Таблица 15. – Расчет фонда оплаты труда

Наименование технологической операции	Количество	Норма времени	Тариф	Стоимость работ
Арматурные работы	1, 000000000	0,778	2,550	1,98
Крановщики	1, 000000000	1,610	2,550	4,11
Приготовление бетонной смеси	1, 000000000	0,990	2,550	2,52
Сварочные работы	1, 000000000	2,600	2,550	6,63
Формовочные работы	1, 000000000	2,180	2,550	5,56
Итого сдельная заработная плата				20,80

Источник: собственная разработка автора

Далее будет представлена таблица плановой калькуляции по расчету отпускной цены плиты дорожной 2ПП30.18-30(вариант армирования - стальная арматура класса S500 СТБ 1704-2012)

Таблица 16. – Плановая калькуляция по расчету отпускной цены плиты дорожной 2ПП30.18-30

№	Наименование статьи	Процент	Сумма на нормир. единицу	На изделие
1	Сырье и материалы		200,70	180,63
2	Возвратные отходы		0,10	0,09
3	Услуги сторонних организаций		0,20	0,18
4	Вспомогательные материалы		3,14	2,83
5	Теплоэнергия		20,66	18,59
6	Электроэнергия		16,46	14,81
7	Газ		0,00	0,00
8	Основная зарплата		20,80	18,72
9	Дополнительная зарплата	11,300	2,35	2,12
10	Отчисления на соцстрах	34,000	7,87	7,08
11	Обязательное страхование	0,900	0,21	0,19
12	Итого прямых затрат		272,29	245,06
13	Общепроизводственные расходы	209,300	48,45	43,61
14	Производственная себестоимость		320,74	288,67
15	Коммерческие расходы	1,480	4,75	4,28
16	Общехозяйственные расходы	96,000	22,22	20,00
17	Полная себестоимость		347,71	312,94
18	Прочие расходы		0,00	0,00
19	Плановые накопления	15,844	55,09	49,58
20	Оптовая цена		402,80	362,52
21	Цена без НДС		402,80	362,52
22	НДС	20,000	80,56	72,50
23	Цена с НДС		483,36	435,02

Источник: собственная разработка автора

Теперь стоит оценить, как изменится плановая себестоимость готовой продукции, при изменении основных статей затрат за счет смены стальной арматуры на композитную.

Таблица 17. – Расчет прямых затрат на изготовление продукции с использованием композитной арматуры

Наименование	Ед. изм.	Цена	Норма расхода	Стоимость нормирован. Ед.
Песок	м <sup>3</sup>	15,56	0,53795	8,37
Цемент	тн	140,83	0,4263	60,04
Щебень 5-20	тн	23,06	1,1368	26,21
4АСК	тн	8383	0,000407	3,41
Арматура Ø12S240	тн	1886	0,00453	8,54
6АСК	тн	4541	0,004445	20,18
6АСК	тн	1750	0,003654	6,39
Стахемент 2000М (хим. добавка)	тн	1,7467	0,116725	0,2
Итого стоимость сырья и материалов:				133,34
Возвратные отходы:				0,10
Услуги сторонних организаций:				
Вода		1,7467	0,116725	0,2
Итого стоимость услуг сторонних организаций:				0,2
Вспомогательные материалы				
Фиксаторы		0,05	16	0,8
Электроды		0	0	0
Эмульсол		1506	0,00093	1,4
Вязальная проволока		2000	0,000422	0,84
<b>Итого стоимость вспомогательных материалов</b>				3,04
Теплоэнергия				
Стоимость теплоэнергии (приготовление бетона)	гкал	126,9099	0,0211	2,68
Стоимость теплоэнергии (тех. процесс)	гкал	126,9099	0,1417	17,98
Итого теплоэнергия				20,66
Электроэнергия				
Стоимость электроэнергии (тех. процесс)	квт/ч	0,3995	20,6(*)	8,2297
Итого электроэнергия				8,2297

(\*) – норма расхода электроэнергии без учета сварочных работ.

Источник: собственная разработка автора

Также проследим изменения в составе затрат на Фонд оплаты труда. Изменения присутствуют, так как не требуются сварочные работы при использовании в производственном процессе композитной арматуры.

Таблица 18. – Изменение внутри затрат на фонд оплаты труда при использовании композитной арматуры

Наименование технологической операции	Количество	Норма времени	Тариф	Стоимость работ
Арматурные работы	1, 000000000	0,93 (*)	2,550	2,37
Крановщики	1, 000000000	1,610	2,550	4,11
Приготовление бетонной смеси	1, 000000000	0,990	2,550	2,52
Формовочные работы	1, 000000000	2,180	2,550	5,56
Итого сдельная заработная плата				14,56

(\*) – Норма времени на арматурные работы увеличена за счет применения ручной вязки арматурного каркаса.

Источник: собственная разработка автора

Теперь можно узнать конечную стоимость готовой продукции при подсчете финальной калькуляции

Таблица 19. – Плановая калькуляция по расчету отпускной цены плиты дорожной 2ПП30.18-30 с использованием композитной арматуры

№	Наименование статьи	Процент	Сумма на нормир. единицу	На изделие
1	Сырье и материалы		133,34	120,01
2	Возвратные отходы		0,1	0,09
3	Услуги сторонних организаций		0,2	0,18
4	Вспомогательные материалы		3,04	2,74
5	Теплоэнергия		20,66	18,59
6	Электроэнергия		8,23	7,41
7	Газ		0	0,00
8	Основная зарплата		14,56	13,10
9	Дополнительная зарплата	11,300	1,65	1,48
10	Отчисления на соцстрах	34,000	5,51	4,96
11	Обязательное страхование	0,900	0,15	0,13
12	Итого прямых затрат		187,43	168,69
13	Общепроизводственные расходы	209,300	48,45	43,61
14	Производственная себестоимость		235,88	212,29
15	Коммерческие расходы	1,480	4,75	4,28
16	Общехозяйственные расходы	96,000	22,22	20,00
17	Полная себестоимость		262,85	236,57
18	Прочие расходы		0	0,00
19	Плановые накопления	15,844	55,09	49,58
20	Оптовая цена		317,94	286,15
21	Цена без НДС		317,94	286,15
22	НДС	20,000	63,59	57,23
23	Цена с НДС		381,53	343,38

Сравнивая калькуляции на плиту дорожную марки 2ПП30.18-30 с разными вариантами армирования, можно сделать вывод о том, что наиболее приемлемым вариантом воплощения ценовой политики для компании, является вариант использования в технологическом процессе композитной арматуры.

## ВЫВОДЫ

В рамках данного исследования, автором была экономически и технологически обоснована идея замены стальной арматуры на композитную, в рамках изготовления сборного

железобетона Экономическое обоснование этого производственного решения формировалось на основе конкретного примера из практики – плит дорожных 2ПП30.18-30, изготавливаемых на ЗСК ОАО «Минскжелезобеттон» Данная оптимизация позволила сократить значение себестоимости готовой продукции на 91, 64 бел. руб. Дополнительно, в статье были изучены основные преимущества и недостатки композитной арматуры с точки зрения качества, что так же лежало в основе обоснования технологической замены вышеперечисленных материалов.

По итогу, можно сделать вывод о том, что вариант использования в технологическом процессе композитной арматуры является оптимальным как с количественной точки зрения, так и с качественной.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Что такое композитная арматура? [Электронный ресурс] / Кирпич. Журнал для строителей по призванию – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.alientechologies.ru/articles/composite\\_rebar/](http://www.alientechologies.ru/articles/composite_rebar/) – Дата доступа 01.03.2021.

2. Использование и применение композитной арматуры [Электронный ресурс] /Пласт композит– [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://plast-komposit.ru/armatura/primenenie>– Дата доступа 03.03.2021.

3. Обоснование экономической эффективности использования композитной арматуры [Электронный ресурс] /Электронная библиотека– [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35371763>– Дата доступа 04.03.2021.

4. Характеристика композитной арматуры [Электронный ресурс] /Композитная арматура– [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.googl-info.com/3593325/1/kompozitnaya-armatura.html> – Дата доступа 05.03.2021.

5. Арматура стеклопластиковая [Электронный ресурс] /Композитная арматура– [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.metsnab.ru/armatura-stekloplastikovaya> – Дата доступа 03.03.2021.

6. Сталь горячекатаная [Электронный ресурс] /ГОСТ 5781- 82– [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.metsnab.ru/armatura-stekloplastikovaya> – Дата доступа 01.03.2021.

7. Сравнительные характеристики композитной арматуры [Электронный ресурс] /Какая арматура лучше? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://westmet.by/novosti/kakaya-armatura-luchshe-metallicheskaya-ili-stekloplastikovaya-primenenie-sravnenie-plyusy-i-minusy> Дата доступа 01.03.2021.

8. Композитная арматура плюсы и минусы [Электронный ресурс] /Строительство и ремонт домов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://of-stroy.ru/stroy-materialy/11-kompozitnaya-armatura.html> Дата доступа 01.03.2021.

9. Сравнение композитной и металлической арматуры [Электронный ресурс] /Маталлобаза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metalobaza.su/informaciya/osobennosti-stekloplastikovo-armatury> 02.03.2021.

10. Арматура для фундамента [Электронный ресурс] /Маталлобаза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metalobaza.su/informaciya/osobennosti-stekloplastikovo-armatury> 02.03.2021.

## REFERENCES

1. What is composite rebar? [Electronic resource] / Brick. Magazine for builders by vocation - [Electronic resource]. - Access mode: [http://www.alientechologies.ru/articles/composite\\_rebar/](http://www.alientechologies.ru/articles/composite_rebar/) - Access date 01.03.2021.

2. Use and application of composite reinforcement [Electronic resource] / Plast composite - [Electronic resource]. - Access mode: <http://plast-komposit.ru/armatura/primenenie> - Access date 03.03.2021.

3. Justification of the economic efficiency of using composite reinforcement [Electronic resource] / Electronic library - [Electronic resource]. - Access mode: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35371763>– Access date 04.03.2021.
4. Characteristics of composite reinforcement [Electronic resource] / Composite reinforcement - [Electronic resource]. - Access mode: <https://ru.google-info.com/3593325/1/kompozitnaya-armatura.html> - Access date 05.03.2021
5. Fiberglass reinforcement [Electronic resource] / Composite reinforcement - [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.metsnab.ru/armatura-stekloplastikovaya> - Access date 03.03.2021
6. Hot-rolled steel [Electronic resource] / GOST 5781-82– [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.metsnab.ru/armatura-stekloplastikovaya> - Date of access 03/01/2021
7. Comparative characteristics of composite reinforcement [Electronic resource] / Which reinforcement is better? [Electronic resource]. - Access mode: <https://westmet.by/novosti/kakaya-armatura-luchshe-metallicheskaya-ili-stekloplastikovaya-primenenie-sravnenie-plyusy-i-minusy> Access date 01.03.2021
8. Composite reinforcement pluses and minuses [Electronic resource] / Construction and repair of houses [Electronic resource]. - Access mode: <https://of-stroy.ru/stroy-materialy/11-kompozitnaya-armatura.html> Date of access 03/01/2021
9. Comparison of composite and metal reinforcement [Electronic resource] / Metallobaza [Electronic resource]. - Access mode: <https://metallobaza.su/informaciya/osobennosti-stekloplastikovoi-armatury> 03/02/2021
10. Armature for the foundation [Electronic resource] / Metallobaza [Electronic resource]. - Access mode: <https://metallobaza.su/informaciya/osobennosti-stekloplastikovoi-armatury> 03/02/2021.