



## Сравнение экологичности использования арматуры из стали и пластиковых отходов

*Л.Е. Сытник, М.А. Москвичев*

*Волгоградский государственный технический университет*

**Аннотация:** Описывается частичное решение проблемы утилизации пластиковых отходов в качестве их использования в изготовлении стеклопластиковой арматуры. Приводится сравнение расчета фундаментной плиты с использованием стальной арматуры (класс А-500С) и стеклопластиковой арматуры при толщине плиты 300 мм. Из расчетов следует, что за счет вторичного использования пластика в производстве стеклопластиковой арматуры наблюдается экономическая выгода для производителя, а также экологическая польза для планеты, так как это поможет сократить количество полимерных отходов без из утилизации.

**Ключевые слова:** пластмасса, вторичное использование, отходы, стеклопластиковая арматура, железобетонная конструкция, фундамент.

В XXI веке промышленность пластмасс активно развивается. Начиная с середины прошлого века, производство полимеров и термопластичных материалов, в основном пластмасс, возрастает в 2 раза каждые 5 лет. Тенденция роста ежегодно увеличивается.

Интенсивно развивающаяся промышленность по производству пластмасс одновременно в процессе производства увеличивает количество пластмассовых отходов, численность которых измеряется миллионами тонн в год. Яркий тому пример: в Западной Германии в 1977 г. они составили 1,2 млн. т, в Соединенных Штатах Америки в 1980 г. общие отходы полимеров— 6,4 млн. т, а в Японии в 1985 г. превысили 4,4 млн. т/год. Промышленность Великобритании ежегодно образует примерно 800 тыс. т пластмассовых отходов, из которых около 300 тыс. т составляют отходы термопластов. Количество отходов от переработки пластмасс в Швеции превышает 11 тыс. т в год. Всего в странах-членах совета экономической взаимопомощи — 200—250 тыс. т.

Отходы пластмасс серьезно загрязняют окружающую среду, и поэтому большинство стран начали разработку создания эффективных процессов их

---



утилизации или обезвреживания. Это в основном связано и с тем, что пластмассовые отходы являясь вторичным сырьем, увеличиваются по количеству с каждым годом. В связи с этой глобальной проблемой родилась мысль использовать их как топливный ресурс или в качестве материала для получения различных изделий. Рациональные способы утилизации и обработки пластмассовых отходов могут решить сырьевые нефтехимические проблемы и проблемы энергетики большинства развитых стран [1].

Разработка процессов и методов утилизации или обезвреживания пластмассовых отходов также важна, как и совершенствование переработки и технологии синтеза пластмасс. Приоритетными являются следующие направления [1]:

1. Использование в различных композициях повторно переработанных отходов;
2. получение целевых продуктов посредством термического разложения;
3. термическое обезвреживание с регенерацией выделяемой теплоты.

По данным IFC Евростат лишь 5-7% коммунальных отходов России перерабатываются и используются как вторичный материал, а 93-95% подлежат захоронению, что значительно отличается от показателей стран ЕС (27 стран): 40% - захоронение, 40% - повторного использования и 20% перерабатываются в энергию.

Отрицательный фактор скопления большого количества отходов пластика на планете может иметь и позитивные стороны. Например, для вторичного использования во всех отраслях промышленности и производства. В современном строительстве применяют стеклопластик. Для его изготовления используют специально приготовленный пластик, однако, нужно использовать ресурс накопившихся полимерных отходов, применив необходимую обработку, что обусловит экономическую выгоду и улучшение экологической обстановки.

---



Вторичное использование пластика можно применять в строительстве как материал для стеклопластиковой арматуры. Стеклопластиковая арматура (АСП) является композитной арматурой, изготавливаемой из стекловолокна (для придания прочности), и термореактивных смол, выступающих в качестве связующего. Главными достоинствами стеклопластиковой арматуры являются небольшой вес и высокопрочность. В качестве замены арматуре из металла можно рассмотреть стеклопластиковую арматуру, потому что она устойчива к коррозии и прочна [2].

Изобретение стеклопластиковой арматуры явилось новой вехой при производстве бетоноконструкций, в строительных работах и т.д. Стеклопластиковую арматуру отличает более высокая стойкость к коррозии. Поскольку стеклопластик не вступает в реакцию с водой, он может быть помещен в нее на длительное время. В отличие от нее, стальная арматура, имея в железобетонном изделии трещины и доступ влаги к металлу, быстро поддается коррозии. Результатом чего является падение несущей способности железобетона. В связи с чем, в ЖБИ закладывается больший запас прочности, что увеличивает их стоимость. Используя арматуру из стеклопластика поправку на коррозию вводить не надо, поэтому можно использовать ее меньшим диаметром. Однако, вместо изготовления специального пластика для данного изделия можно применять полимерные отходы после необходимой обработки, что будет обуславливать экономическую выгоду для производителя и экологическую для планеты [3].

Композитные материалы имеют преимущества:

1. многократное использование пластиковых отходов;
  2. модуль упругости 130 - 140 ГПа;
  3. износостойкость;
  4. прочность;
  5. возможность изготовить размеростабильные конструкции [4].
-



*Сравнение расчета фундаментной плиты с использованием арматуры класса А-500С и стеклопластиковой арматуры при толщине плиты 300 мм.*

Как пример можно привести расчет сечения арматуры в нижней зоне под стенами (перпендикулярно стенам) и сечение арматуры в верхней зоне в пролетах (между стенами) фундаментной плиты с использованием арматуры класса А-500С при толщине плиты 300 мм.

Подбор сечения арматуры в нижней зоне под стенами (перпендикулярно стенам). Определяем коэффициент  $A_0$  при  $V=1$ (м):

$$A_0 = \frac{M_{on}^{max} \cdot \gamma_n}{b \cdot h_0^2 \cdot R_s \cdot \gamma_{b2}} = \frac{980000 \cdot 0.95}{100 \cdot 24^2 \cdot 148 \cdot 1} = 0.11 \rightarrow \eta = 0.94 \quad (1)$$

где  $M_{on}^{max}$  – максимальный опорный момент над средней стеной;

$\gamma_n$  – коэффициент, зависящий от типа сечения;

$b$  – размер сечения;

$h_0^2$  – рабочая высота сечения перекрытия;

$R_s$  – расчетное сопротивление арматуры;

$\gamma_{b2}$  – коэффициент типа сечения.

Площадь сечения арматуры класса А-500С:

$$A_x = \frac{M_{on}^{max} \cdot \gamma_n}{\eta \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{980000 \cdot 0.95}{0.94 \cdot 24 \cdot 4500} = 9.2 \text{ см}^2 \quad (2)$$

Подбор сечения арматуры в верхней зоне в пролетах (между стенами).

Определяем коэффициент  $A_0$  при  $V=1$ (м):

$$A_0 = \frac{M_{np}^{max} \cdot \gamma_n}{b \cdot h_0^2 \cdot R_s \cdot \gamma_{b2}} = \frac{550000 \cdot 0.95}{100 \cdot 24^2 \cdot 148 \cdot 1} = 0.061 \rightarrow \eta = 0.965 \quad (3)$$

Площадь сечения арматуры класса А-500С:



$$A_x = \frac{M_1 \cdot \gamma_n}{\eta \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{550000 \cdot 0.95}{0.965 \cdot 24 \cdot 4500} = 5.01 \text{ см}^2 \quad (4)$$

где  $M_1$  – максимальный опорный момент между стенами;

$\eta$  – коэффициент работы арматуры при напряжении выше физического или условного предела текучести.

Результаты расчетов, полученные по формулам 1-4 для стеклопластиковой арматуры с толщиной плиты 300 и 200 мм приведены в сводной таблице 1.

Таблица 1

Сравнительные параметры расчета арматуры А-500С и стеклопластиковой арматуры при толщине плиты 300 и 200 мм.

Значения коэффициентов	Арматура (класс А-500С) с толщиной плиты 300 мм		Стеклопластиковая арматура с толщиной плиты 300 мм		Стеклопластиковая арматура с толщиной плиты 200 мм	
	Сечение арматуры в нижней зоне под стенами (перпендикулярно стенам)	Сечение арматуры в верхней зоне в пролетах (между стенами)	Сечение арматуры в нижней зоне под стенами (перпендикулярно стенам)	Сечение арматуры в верхней зоне в пролетах (между стенами)	Сечение арматуры в нижней зоне под стенами (перпендикулярно стенам)	Сечение арматуры в верхней зоне в пролетах (между стенами)
$A_0$	0,94	0,965	0,94	0,965	0,855	0,925
$A_x$	9,2	5,01	3,44	1,9	5,7	2,94

Необходимо учесть, что внесенные изменения в предложенные конструкции зданий и габаритов, необходимо вновь выполнить вместе с расчетом фундаментной плиты. Рассчитывая пролеты между несущими стенами, необходимо провести расчет повторно. Расчет изготовления фундаментной плиты произведен только на прочность и здесь учтена цена на стеклопластиковую арматуру, действительная в 2016 г.

В плите фундамента толщиной 300 мм для 2-х этажного здания принимается арматура Ø12 А-500С с шагом 200 в верхней и нижней зонах с



местным усилением под стенами в нижней зоне. Та же толщина плиты предусматривает использование стеклопластиковой арматуры размером не менее Ø8 АКП-СП. Учитывая, что антикоррозийная стойкость стеклопластиковой арматуры намного выше стальной, можно уменьшить защитный слой бетона и, соответственно, толщину плиты. Толщина плиты 200 мм предусматривает применение стеклопластиковой арматуры - Ø10 АКП-СП, с шагом 20 см по направлениям в нижней и верхней зонах армирования с местным усилением под стенами.

Необходимо учесть, что затраты на стеклопластиковую арматуру при одинаковой толщине фундаментной плиты в 3 раза меньше, чем на стальную. Из таблицы 2 видно, что общая минимальная стоимость из рассмотренных материалов будет при использовании арматуры из стеклопластика и уменьшении толщины плиты до 200 мм.

Таблица 2

Сравнение расхода и стоимости арматуры при толщине плиты 300 мм

№	Класс арматуры	Диаметр	Кол-во, кг	Стоимость за 1 т арматуры, руб	Стоимость арматуры, руб
1	А-500С	8	74	27400	86957
2		12	3254	26100	
3	АКП-СП	8	184	181250	33350

Из расчетов следует, что за счет вторичного использования пластика в производстве стеклопластиковой арматуры наблюдается экономическая выгода для производителя, а также экологическая польза для планеты, т.к. это поможет сократить количество полимерных отходов без их утилизации.



### Литература

1. Быстров Г.А., Гальперин В.М., Титов Б.П. Обезвреживание и утилизация отходов в производстве пластмасс. Л.: Химия, 1982. С. 178 – 214.
2. А.П. Цыганков, В.Н. Сенин. Циклические процессы в химической технологии. Основы безотходных производств. М.: Химия, 1988. С. 120 – 131.
3. Цыганков А.П., Балацкий О.Ф., Сенин В.М. Технический прогресс – химия – окружающая среда. М., Химия, 1979. 296 с.
4. П.П. Польской, Мерват Хишмах, Михуб Ахмад. О влиянии стеклопластиковой арматуры на прочность нормальных сечений изгибаемых элементов из тяжелого бетона // Инженерный вестник Дона, 2014, №4 (часть 2). URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1304](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1304).
5. В.В. Кафаров. Принципы создания безотходных технологий химических производств, М.: Химия, 1982. С. 285.
6. Д.А. Арашкевич. Вторичная переработка отходов пластмасс и специальные роторные дробилки / Пластические массы, 2003, № 5, с. 13
7. П.П.Польской, Д.Р. Маилян. Композитные материалы - как основа эффективности в строительстве и реконструкции зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 (часть 2). URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1307](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1307).
8. Mkrtchyan A.M., Mailyan D.R., Aksenov V.N. Experimental study of reinforced concrete columns of high-strength concrete // Applied Sciences and technologies in the United States and Europe: common challenges and scientific findings: Papers of the 2nd International Scientific Conference



- (September 9–10, 2013). Cibunet Publishing. New York, USA. 2013. pp.130-134.
9. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings // Singapore standard, 2004, 225 p.
10. Шиляева О.В., Хунагов Р.А., Блягоз А.М. Моделирование устойчивости железобетонной панели // Новые технологии. - 2012. – Вып. 3. – С. 114-119.

### References

1. Bystrov G.A., Gal'perin V.M., Titov B.P. Obezvrezhivanie i utilizacija othodov v proizvodstve plastmass. L. Himija, 1982. p. 178. 214.
2. A.P. Cygankov, V.N. Senin. Ciklicheskie processy v himicheskoy tehnologii. Osnovy bezothodnyh proizvodstv. M. Himija, 1988. pp. 120. 131.
3. Cygankov A.P., Balackij O.F., Senin V.M. Tehnicheskij progress – himija – okruzhajushhaja sreda. [Technical progress - chemistry - the environment]. M., Himija, 1979. 296 p.
4. P.P. Pol'skoj, Mervat Hishmah, Mihub Ahmad. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №4 (part 2). URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1304](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1304).
5. V.V. Kafarov. Principy sozdaniya bezothodnyh tehnologij himicheskikh proizvodstv. [Principles of creation of non-waste technologies for chemical production]. M. Himija, 1982. p. 285.
6. D.A. Arashkevich. Vtorichnaja pererabotka othodov plastmass i special'nye rotornye drobilki. [Secondary processing of plastic waste and special rotor crushers]. Plasticheskie massy, 2003, № 5, p. 13.
7. P.P.Pol'skoj, D.R. Mailjan. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, № 4, (part 2). URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1307](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1307)





8. Mkrtchyan A.M., Mailyan D.R., Aksenov V.N. Experimental study of reinforced concrete columns of high-strength concrete. Applied Sciences and technologies in the United States and Europe: common challenges and scientific findings: Papers of the 2nd International Scientific Conference (September 9–10, 2013). Cibunet Publishing. New York, USA. 2013. pp. 130. 134.
9. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings. Singapore standard, 2004, 225 p.
10. Shiljaeva O.V., Hunagov R.A., Bljagoz A.M. Modelirovanie ustojchivosti zhelezobetonnoj paneli. Novye tehnologii. 2012. Vyp. 3. pp. 114-119.