

К ПРОБЛЕМЕ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ СТАНЦИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ⁴¹

А.Н. Швырёв¹, Э.А. Черников¹, С.А. Швырёв¹, Б.Н. Чумаков¹, А.В. Латынин²
Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, Shvyriov74@mail.ru
ООО «САТОМС» г. Воронеж, Россия, lat-07@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы получения нового строительного материала, изготовленного с создания прочных теплоизоляционных строительных материалов, позволяющих повысить класс энергоэффективности предприятия.

Ключевые слова: энергоэффективность, станция технического обслуживания автомобилей, новый материал, графит, предел прочности при растяжении, модуль упругости.

ON THE PROBLEM OF OPTIMIZING THE ENERGY COSTS OF CAR SERVICE STATIONS

A.N. Shvyriov¹, E.A. Chernikov¹, S.A. Shvyriov¹, B.N. Chumakov¹, A.V. Latynin²
¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, Shvyriov74@mail.ru
² Ph. D., SATOMS LLC, Voronezh, RF, lat-07@mail.ru

Keywords. Energy efficiency, car maintenance station, new material, graphite, tensile strength, modulus of elasticity.

Abstract: the article discusses the prospects for obtaining a new building material, made with the creation of durable thermal insulation building materials that can increase the energy efficiency class of the enterprise.

Развитие автомобильного транспорта в конкурентной борьбе различных производителей автомобилей невозможно без мобилизации всех без исключения методов и способов бережливого производства. Однако, организация производства такого вида невозможно без учета энергоэффективности на всех уровнях, включающих не только производство автомобилей, но и эксплуатацию с учетом эксплуатации компонентов.

Основной целью исследования является обеспечение оптимального уровня энергоэффективности станций технического обслуживания автомобилей (СТОА).

Обеспечение цели энергосбережения на предприятиях СТОА достигается выполнением следующих методов: обеспечением доступа к обучению персонала по вопросам энергоэффективности, создание специальных систем учета и мониторинга энергопотребления и их внедрение, использование оборудования с высоким классом энергопотребления.

Несмотря на все прикладываемые усилия вышеперечисленными методами достичь оптимального уровня энергопотребления очень сложно, а задачи создания энергосберегающих предприятий СТОА практически невозможны. Поэтому перед исследователями и разработчиками новых материалов стоят задачи создания новых материалов с низким коэффициентом теплопередачи и способным работать в сложных условиях.

Необходимость создания изделий, работающих в сложных условиях, требует введения в матрицу полимерного композита водоотталкивающей добавки, которая, в свою очередь, должна значительно снижать водопоглощение и защищать древесный наполнитель от проникновения воды, а также обладать противоскользящими свойствами – коррозионные свойства [1]. Графитовая электродная мука может наиболее полно удовлетворить потребности.

Для достижения поставленной цели были выполнены поставленные задачи: подобран состав композиционной смеси, проведены экспериментальные исследования прочностных характеристик изготовленных образцов, изучена водостойкость полученного материала.

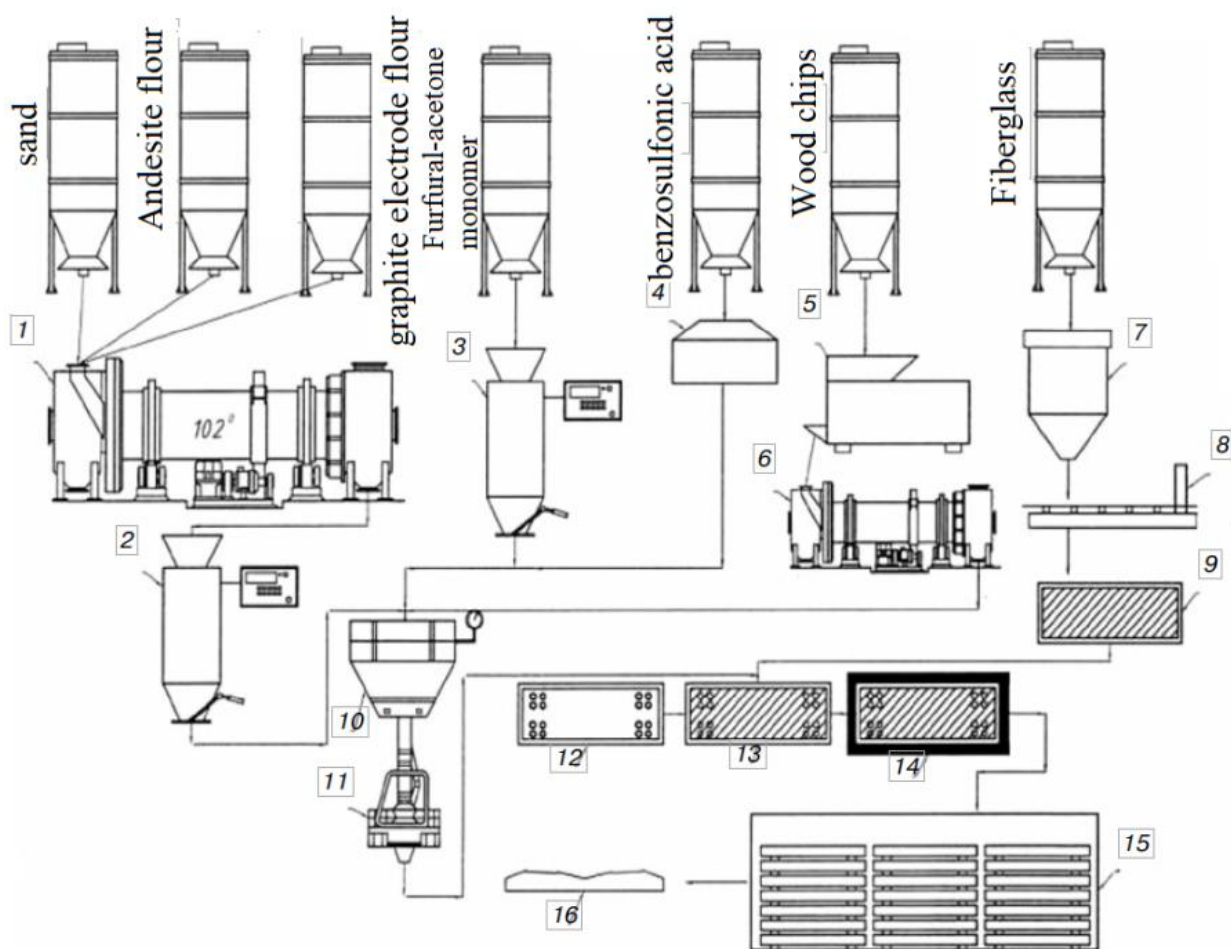
Поскольку графит по своим основным химическим свойствам инертен к жидкостям, газам и твердым частицам, было высказано предположение, что он идеально подходит для снижения поглощения влаги из окружающей среды и снижения внутренних напряжений. Графит неэластичен, но его можно резать и гнуть. Благодаря этим свойствам, а также содержанию жира, он подходит для производства композиционного материала на основе мономера ацетонфурфурола с необходимыми параметрами водопоглощения. Эта идея была подсказана свойствами этого материала, который используется в качестве антикоррозионного компонента в красках, используемых для защиты бетона, дерева, стали, чугуна и других изделий от коррозии [2]. Необходимость введения графитовой муки обусловлена также содержанием в полимерном композиционном материале армирующего древесину наполнителя (по сути, отходов деревообрабатывающей промышленности), который должен быть защищен от насыщения влагой. Такой наполнитель значительно снижает вес изделий и, как следствие, удешевляет их изготовление.

Для определения оптимального процентного содержания графитовой муки от общего объема полимерного композиционного материала базовой композиции с древесным наполнителем были изготовлены и испытаны образцы [3] с содержанием графита от одного до шести процентов (в весовых частях или в процентном отношении):

- мономер фурфулолацетона (ФАМ) 14,0...20,0;
- бензолсульфоновая кислота 3,0...5,0;
- андезитовая мука 47,0...57,0;
- графит 1,0...6,0;
- древесная стружка 16,0...20,0;
- стеклорез или стеклопакет оптом 0,3...0,5;
- специальный низкомолекулярный стирол
- сополимер 1,0...5,0;
- многоатомный спирт 0,3...1,5.

Образцы были изготовлены следующим образом. На дно опалубки была уложена сетка из стекловолокна, затем были уложены большие бруски из отходов деревообработки, которые были залиты бетонной смесью, содержащей древесную стружку, песок, ФАМ и графит. После заливки образцы выдерживали в течение трех дней до полного отверждения в нормальных условиях. Готовые образцы размером 115 мм x 19 мм x 3 мм (ASTM D638) были испытаны на прочность при сжатии и растяжении. Испытания проводились на машине для испытания на растяжение РМ-5 советского производства, изготовленной фирмой «Союзприбор» в 1989 году.

Технологическая схема изготовления изделий из древесно-стекловолоконных композиционных материалов представлена на рис. 1.



– сушка песка, андезитовой муки, графитовой муки; 2 – сушка песка, андезитовой муки; 3 – взвешивание фурфурол-ацетонового мономера; 4 – расплав охлаждающей бензосульфоновой кислоты; 5 – отделение щепы от отходов; 6 – сушка древесной щепы; 7 – сушка стеклопакеты; 8 – резка стеклопакета; 9 – укладка стеклопакета; 10 – смешивание компонентов; 11 – сушка древесной стружки; 12 – подготовка формы; 13 – заливка смеси; 14 – вибрация; 15 – установка в формовочную камеру; 16 – удаление готовая продукция и склад

Рисунок 1 Технологическая схема

Представленная технологическая схема легко вписывается в существующую технологическую цепочку предприятий и позволяет минимизировать затраты предприятия на реструктуризацию производственной линии.

Для контроля физико-механических характеристик была изготовлена серия образцов, не содержащих графитовой муки. Для каждой экспериментальной точки было изготовлено по три образца. Все образцы были подвергнуты испытаниям на изгиб и сжатие для определения пределов прочности при растяжении ($\sigma_{из}$ и σ_c), модулей упругости $E_{из}$ и E_c и предельной относительной деформации ϵ_p . Полученные результаты приведены в таблице 1. Данные испытаний на физико-механические характеристики после воздействия воды в течение 90 дней приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость физико-механических характеристик композиционного материала от количества графитового наполнителя

Количество компонента, %	Предел прочности, МПа		Модуль эластичности, 10 ⁴ МПа		Относительная деформация ϵ_p , %
	изгиб $\sigma_{из}$	сжатие σ_c	изгиб $E_{из}$	сжатие E_c	
0	18.83	83.36	1.60	1.30	0.52
1.0	20.43	65.64	1.73	1.04	0.53
2.0	22.86	69.28	1.93	1.11	0.55
3.0	25.62	82.29	2.17	1.32	0.58
4.0	28.21	92.64	2.39	1.48	0.61
5.0	30.14	88.36	2.55	1.41	0.63

Таблица 2 – Физико-механические характеристики матрицы древесноволокнистого композиционного материала в зависимости от количества графита в полимерных деталях, подвергнутых воздействию воды в течение 90 дней

Количество компонента, %	Предел прочности, МПа		Модуль эластичности, 10 ⁴ МПа		Относительная деформация ϵ_p , %
	изгиб $\sigma_{из}$	сжатие σ_c	изгиб $E_{из}$	сжатие E_c	
0	14.21	61.15	0.75	1.22	0.37
1.0	16.30	62.27	0.82	1.25	0.42
2.0	18.00	67.18	1.24	1.31	0.47
3.0	24.82	79.25	2.12	1.33	0.55
4.0	27.92	92.61	2.39	1.36	0.61
5.0	29.98	87.98	2.51	1.38	0.63

Основным конструктивным составом древесного композиционного материала является полимерная матрица – раствор песка на основе мономерной смолы фурфурол-ацетон и андезита, армированный пушистой стеклянной паклей, в количестве 0,34% по массе, и опилки, отходы, получаемые в процессе переработки твердой древесины в пиломатериалы в сумме составляет 15,25%. В

таблице. 3 приведены экспериментальные данные о фактическом содержании графитовой муки в процентах от массы полимерной матрицы композиции. Полученные значения физико-механических характеристик образцов с соответствующим содержанием набора компонентов в полимерной матрице древесноволокнистого композиционного материала представлены в таблице 1. Идентичные испытания были также проведены на образцах, подвергнутых воздействию воды в течение 90 дней, полученные экспериментальные данные представлены в таблице 2.

Анализ зависимостей подтверждает ранее полученные экспериментальные данные, опубликованные в работах [4, 5], о том, что при введении графита в основной состав полимерной композитной матрицы наблюдается резкое снижение прочности при сжатии и чистом изгибе, а также модулей упругости при этих видах нагружения [1]. В связи с этим очевидно, что графит следует вводить в композицию только в минимальных количествах (0,1% по массе). Графит как бы «смазывает» структуру полимерной матрицы, которая под действием нагрузки как бы «растекается». Это особенно заметно при испытаниях образцов на сжатие [6, 2], которые при разрушении не «разрываются», а «растекаются».

Армирование раствора полимера и композитного материала с сеткой из стекловолокна или стеклянных отходов, как показано в [4, 7, 8], делает эти материалы практически идеально с точки зрения прочности и жесткости, а стекловолоконная сетка стоит достаточно дорого, поэтому нет смысла размещать его по всей высоте секции. и, кроме того, возникают трудности с технологией литья даже при увеличении количества фурфуролацетонмономерной смолы в рецептурах [9]. При армировании полимерного раствора только кусковыми отходами лесопиления – щепой, его действие положительно сказывается на прочности при изгибе этого вида древесного композиционного материала, предельное удлинение также высокое – 0,15% (таблица 2).

Список литературы

1. Адачи Т., Осаки М., Араки В., Квон С.К. (2008) Вязкость разрушения эпоксидных композитов, наполненных нано- и микросферическими частицами кремнезема. Закон об образовании; 56:2101-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actamat.2008.01.002>.
2. Баджад М.Н., Модера К.Д., Десаи А.К. (2011) Влияние стекла на прочность бетона, подверженного сульфатному воздействию, в т.ч. на английском языке. 1 (2): 01-13.
3. Федерико Л.М., Чидиак С. Э. (2009) Стекольные отходы как дополнительный цементный материал в бетоне – критический обзор методов обработки, Цементные смеси. Compos. 31 (8):606–610.
4. Гонг Г., Пе Дж., Мэтью А.П., Оксман К. (2011) Поведение при растяжении, морфология и вязкоупругий анализ поливинилацетата (PVAc), армированного нановолокнами целлюлозы (CNF). Часть А: Руководство по применению; 42:1275-82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2011.05.009>.
5. Джин У., Мейер С., Бакстер С. (2000) Стеклобетон на основе стекломассы, ACIMater. J. 97 (2).
6. Харчевников В. И. (1987). Основы структурообразования стеклопластикового полимерного бетона. Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура, (11):62-66.
7. Кроп С., Мейер ХЕХ, ван Бриман Л.С. (2016) Многорежимное моделирование глобальных и локальных деформаций и разрушений в системах эпоксидной смолы, наполненных

частицами. Составная часть Научного руководства по применению; 88:1-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2016.05.012>.

8. Нукала С. Г., Конг И., Какарла А. Б., Конг У. И Конг У. (2022). Разработка древесно-полимерных композитов из переработанных древесных и пластиковых отходов: термические и механические свойства. *Journal of Compositions Science*, 6 (7):194 <https://doi.org/10.3390/jcs6070194>.

9. Пьерард О., Льорка Дж., Сегурадо Дж., Догри И. (2007) Микромеханика композитов, армированных частицами упруговязкопластичных материалов: конечно-элементное моделирование в сравнении с аффинной гомогенизацией. *Инт Джей Пласт*;23:1041-60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijplas.2006.09.003>.

References

1. Adachi T, Osaki M, Araki W, Kwon SC. (2008) Fracture toughness of nano-and micro-spherical silica-particle-filled epoxy composites. *Acta Mater*;56:2101–9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actamat.2008.01.002>.

2. Bajad M.N., Modhera C.D., Desai A.K. (2011) Effect of glass on strength of concretesubjected to sulphate attack, *Int. J. Civ. Eng. Res. Dev.* 1 (2):01-13.

3. Federico L.M., Chidiac S.E. (2009) Waste glass as a supplementary cementitiousmaterial in concrete – critical review of treatment methods, *Cement Concr. Compos.* 31 (8):606–610

4. Gong G, Pyo J, Mathew AP, Oksman K. (2011) Tensile behavior, morphology and viscoelastic analysis of cellulose nanofiber-reinforced (CNF) polyvinyl acetate (PVAc). *Compos Part A: Appl Sci Manuf*;42:1275–82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2011.05.009>.

5. Jin W., Meyer C., Baxter S. (2000) Glascrete Concrete with glass aggregate, *ACIMater. J.* 97 (2).

6. Kharchevnikov, V. I. (1987). Fundamentals of structure formation of fiberglass polymer concrete. *News of higher educational institutions. Building and Architecture*, (11):62-66.

7. Krop S, Meijer HEH, van Breemen LCA. (2016) Multi-mode modeling of global and local deformation, and failure, in particle filled epoxy systems. *Compos Part A Appl Sci Manuf*;88:1–9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2016.05.012>.

8. Nukala, S. G., Kong, I., Kakarla, A. B., Kong, W., & Kong, W. (2022). Development of Wood Polymer Composites from Recycled Wood and Plastic Waste: Thermal and Mechanical Properties. *Journal of Composites Science*, 6(7):194 <https://doi.org/10.3390/jcs6070194>.

9. Pierard O, LLorca J, Segurado J, Doghri I. (2007) Micromechanics of particle-reinforced elasto-viscoplastic composites: finite element simulations versus affine homogenization. *Int J Plast*;23:1041–60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijplas.2006.09.003>.