

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДИМЫХ В КНР КОМПОЗИТНЫХ ГРАНУЛ ПО ТЕХНОЛОГИИ LFT-G В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО ТИПА КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ – НАНОКОМПОЗИТОВ

*Чернобай Д.В.*

*Белорусский национальный технический университет*

*e-mail: chernobay@bntu.by*

**Summary.** *The possibility of using Chinese raw materials (pellets) made using the LFT-G technology in the production of promising nanocomposite materials (nano-armor and substrates for it) is considered. For comparison and an example, the characteristics of various high-impact materials suitable for creating nanocomposites in the POLYADAMANTIUM project on the territory of the Republic of Belarus are given.*

**Keywords.** *LFT-G technology, nanocomposites, POLYADAMANTIUM*

С 2017 года в Китае, а затем и в Европе (2018 – по н. в.) получило развитие технологий армирования полимеров, при котором производители разделились на два условных лагеря - на приверженцев старой технологической схемы, когда гранулы полимеров содержали короткие разнонаправленные волокна углерода или стекловолокна, и более современной, с длинными однонаправленными волокнами. Например, для автомобильной промышленности выпускаются недорогие композитные полимеры на базе полиуретана, полифениленсульфида и длинного стекловолокна, для военной - из полиэфирэфиркетона (ПЭЭК) с длинным стеклянным или углеродным волокном, которые при выгорании после себя оставляют каркас из покрытых коксом переплетённых волокон, т.е. образуют трёхмерную сеть, повторяющую изнутри форму упрочнённого объёма или объекта. По сути, такие композиты трудно полностью сжечь и это огромный плюс для военной, автомобильной, авиационной промышленности.

Перспектива объединять в гибридных и градиентных нанокompозитах и макро- и наноструктур очень перспективна и эффекты, которые можно получить от такого объединения, наиболее полезны именно в баллистике, в защитных покрытиях, в т.н. "наноброне". Созданием т.н. «наноброни» занимается авторский НИОКР-стартап-проект «POLYADAMANTIUM», принявший участие в IX Международной выставке вооружения и военной техники MILEX-2019 и в Республиканском конкурсе инновационных проектов 2019 года в Республике Беларусь.

По планам, первичный образец нанокompозита будет создан на базе армированного длинным стекловолокном и по авторской схеме - системой наночастиц и нановолокон, термопластичного полиуретана, самого доступного на начальном этапе проекта матричного материала, а в дальнейшем будут использованы по нарастающей более прочные и термостойкие материалы и их смеси, в частности смеси суперконструкционных полимеров.

Для наноброни полиамиды («Гроднамид-27» (первичный ПА 6), «Гроднамид ПА6-ЛТЧ-СВ30» и др.), выпускающиеся в Республике Беларусь, не особо подходят - они впитывают влагу и разбухают. Тут нужны матричные полимеры суперконструкционного типа, специализированные марки и даже смеси (бленды) полимеров разного типа (известно множество исследований в США), к тому же полиамид меньше впитывает влагу только в виде композитов – стеклопластиков и углепластиков, арамидный же наполнитель тоже может набухать, поэтому в данном случае он не рассматривается [1], [2], [3].

В проекте была выявлена необходимость использования недорогого китайского сырья (гранул), выполненных по технологии LFT-G, в производстве перспективных нанокompозитных материалов [4] (наноброни и подложек для неё). Были найдены и приведены для сравнения и примера характеристики различных ударновязких материалов

(см. табл. 1), пригодных для создания нанокompозитов в проекте «POLYADAMANTIUM» на территории Республики Беларусь.

Далее в таблице 1 представлено несколько изучаемых в проекте вариантов матричных материалов, производимых в КНР и США и пригодных по ударной вязкости и другим параметрам для создания на их базе нанокompозита (согласно данным производителей в переводе), а в дальнейшем и для слоёв многослойной композиционной наноброни.

Таблица 1 – Сравнение прочностных свойств полимерных композитов на базе гранул LFT-G (матриц, пригодных для дальнейшего наномодифицирования и синергического усиления).

<i>Название</i>	<i>Общие хар-ки, прочность на растяжение</i>	<i>Модуль упругост и при растяжении, ГПа</i>	<i>Прочность на изгиб, МПа</i>	<i>Модуль упругости при изгибе, ГПа</i>	<i>Ударная вязкость без надреза, Дж/кДж</i>
Углепластик на базе усиленного полиамида (ПА 6.6) производства США (50% углеволокна)	310 МПа. Достойная ударная вязкость при общей прочности, сравнимой с броневой керамикой	40	497	29,31	721 Дж/м
Стеклопластик на базе жёсткой марки термопластичного полиуретана (ТПУ) производства КНР/США (60% стекловолокна)	283 МПа. Максимальная ударная вязкость при неплохой прочности	20,69	405	15,172	1549 Дж/м
Гибрид угле- и стеклопластика на базе жёсткой марки термопластичного полиуретана (ТПУ) производства КНР/США (15% углеволокна + 35% стекловолокна)	248 МПа. Немного уступает однородным композитам, но в целом имеет сбалансированный уровень и прочности и ударной вязкости	20,69	366	18,621	1068 Дж/м

### *Литература*

1. Кулезнёв В.Н. Смеси и сплавы полимеров. СПб., 2013.-С.22-45.
2. Полимерные смеси/ Под ред. Д.Р. Пола, К.Б. Бакнелла. СПб., 2009. Т. 1-2.-С.25-37.
3. Инженерные полимеры «Гроднамид» [Электронный ресурс] / Engineering polymers "Grodnamid" TDS's — Режим доступа: <https://grodno-khim.by/upload/iblock/efc/A6-hwayoz-lizy30%20e1x.pdf>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус.

4. Чернобай Д.В. Перспективы объединения макро- и наноструктур в гибридных нанокompозитах для создания новых конструкционных материалов для наноброни, элементов бронезащиты экзоскелетов. 8-я Международная научная конференция по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения (Минск, 16–17 мая 2019 г.): сборник научных статей. В 5 ч. Ч. 5 / Государственный военно-промышленный комитет Республики Беларусь. – Минск: Лаборатория интеллекта, 2019. – 100 с. – С. 97-99.

УДК 624.21

## СОДЕРЖАНИЕ МОСТОВ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

*Карнович М. А.*

*Белорусский национальный технический университет*

*e-mail: owlrine20@gmail.com*

**Summary.** *The article discusses the maintenance of bridges in the winter, the elimination of possible damage, prevention of damage in the winter.*

В настоящее время для любого моста зимний период является самым опасным сезоном. Зимой происходят многочисленные повреждения конструкций, материалов и поверхности моста. Мосты, путепроводы, эстакады и тому подобные строения являются наиболее опасными участками в гололед. Следовательно, осматривать, ремонтировать и избавлять от скользкости и снега нужно в первую очередь именно такие сооружения, особенно на больших мостах.

До зимы нужно произвести заделку участков с повреждением покрытия, уделив особое внимание голой арматуре. При нарушении гидроизоляции, деформационных швов и водоотвода так же немедленно произвести ремонт, который также включает в себя очищение от грязи и ржавчины и покраску элементов мостовых конструкций. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Ремонтные работы на мостах зимой

Рассмотрим Крымский мост для примера того, как лучше выполнять зимнее содержание. В первую очередь отслеживаются изменения погоды, рабочие получают информацию от синоптиков. Если же происходит резкое изменение погоды, чего не было в прогнозах, то на этот случай на мосту установлены автоматизированные метеостанции, которые сообщают о природном явлении (град, дождь, снег и т.д.) за четыре часа до наступления.