

Специалисты Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) ПИШ СПбПУ провели обучение для сотрудников АО «ЦКБ МТ «Рубин»



С 17 июля по 22 сентября 2023 года сотрудники ИЦ ЦКИ ПИШ провели обучение по курсу «Полимерные композиционные материалы» для сотрудников АО «ЦКБ МТ «Рубин».

Курс был посвящен изучению наиболее распространенной группы композиционных материалов – полимерные композиционные материалы (ПКМ). В рамках обучающей программы были рассмотрены основные сведения о ПКМ, а именно: особенности структуры композитов, процессы изготовления и обработки материалов, методы проектирования физико-механических и эксплуатационных свойств создаваемых материалов в зависимости от задач и требуемых характеристик конечного изделия.

Курс прошел в смешанном формате. Материалы онлайн-курса были представлены видеолекциями для каждой отдельно взятой темы курса, а также дополнительным учебным материалом: конспектами лекций, презентациями, ключевыми терминами и рекомендованными источниками для самостоятельного изучения. Также представители ПИШ в рамках курса очно провели ряд обучающих лекций на территории заказчика. Доклады были разделены на три блока по темам: «Судостроение», «Введение в механику и особенности моделирования ПКМ. Опыт

производства» и «Моделирования узлов из ПКМ. Валидация моделей для проведения виртуальных испытаний стандартных образцов, изготовленных из ПКМ».

В первом блоке **Михаил Ховайко**, ведущий инженер учебной научно-исследовательской лаборатории «Вычислительная механика» ПИШ СПбПУ, прочитал две лекции. Первая была посвящена опыту в области расчетного обоснования судов из ПКМ на основе методик и требований классификационных сообществ. Во второй речь шла об анализе требований российских и зарубежных классификационных сообществ, регламентирующих применение ПКМ в корпусных конструкциях судов. Также был продемонстрирован порядок расчетного обоснования судов из ПКМ на основе прямого конечно-элементного моделирования, определяемый правилами различных классификационных сообществ.

Исключительные права на текст и/или графические материалы принадлежат ЗАО «СПИТЭИ». Любое использование текста и/или графических материалов без разрешения ЗАО «СПИТЭИ» запрещено. По вопросу получения разрешения на использование материалов и графических материалов необходимо обращаться в Первую инженерную школу СПбПУ «Цифровая инженерия» (spit@spbstu.ru)

ПОЛИТЕХ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ ПИШ СПбПУ

НЦМУ ПЕРВЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПОЛИТЕХ Центр инновационных технологий и индустриальной революции Новые производственные технологии

CML ЦЕНТР КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА СТОИМОСТИ CompMechLab

Анализ требований КО к расчётам конструкций корпуса судов по МКЭ

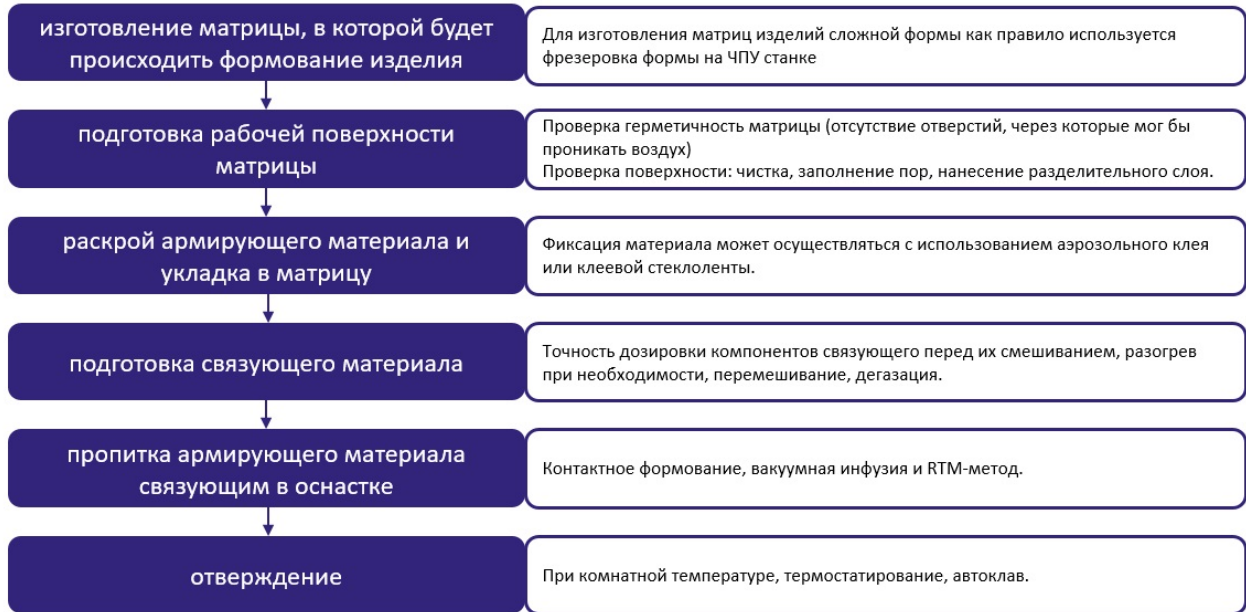
Уровни КЭ анализа:

- 1) глобальный анализ (DNV-GL)
 - для оценки общей прочности корпуса судна;
- 2) частичный анализ (DNV-GL, ABS, CCS)
 - для оценки прочности части корпуса (отсека с перекрытиями);
- 3) местный анализ (DNV-GL)
 - для оценки напряжений в отдельных узлах корпуса;
- 4) анализ концентраций (ABS)
 - для анализа усталости.



Затем с докладом на тему «Технологические особенности производства изделий из ПКМ в судостроении» выступила **Дарья Софронова**, инженер отдела конечно-элементной механики и компьютерного инжиниринга ИППТ. Она сделала обзор основных методов изготовления изделий из ПКМ, применяемых в судостроении, рассмотрела основные типы армирующих и связующих материалов и легковесных наполнителей, а также варианты их сочетаний.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ТЕХНОЛОГИЙ ПКМ



8

Во втором блоке доцент высшей школы передовых цифровых технологий, к.т.н. **Илья Керестень** рассказал слушателям курса об основах механики ПКМ и ключевых понятиях механики деформируемого твердого тела, а также об эффективных характеристиках ПКМ и способах их определения. Также с двумя докладами выступила **Дарья Ожгибесова**, специалист отдела энергетического машиностроения Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) ПИШ СПбПУ. В докладах были представлены требования к моделированию ПКМ, способы укладки, учет особенностей расчетов прочности, качества конечно-элементных моделей, корректный учет приформовочных соединений в расчете, а также была представлена валидация моделей для проведения виртуальных испытаний стандартных образцов для определения физико-механических характеристик ПКМ с учетом: преднапряженного состояния ПКМ; адгезионной прочности; деградации свойств; расслоения; усталости и ползучести.

Классификация критериев прочности ПКМ

Критерии по предельным значениям:

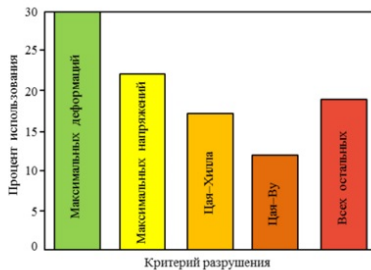
- критерий по напряжениям;
- критерий по деформациям;
- критерий Stowell-Liu;
- критерий Kelly-Davies.

Полиномиальные критерии:

- критерий Цай-Хилла
- критерий Цай-Ву;
- критерий Хоффмана;
- критерий Коуина;
- критерий Ханкинсона;
- критерий Норриса;
- критерий Ямада-Суна;
- критерий Аззи-Цай-Хилла.

Критерии по видам разрушения:

- критерии Пака;
- критерий Хашина;
- критерий Кунтце;
- критерий LaRC;
- критерий Кристенсена.



В третьем блоке научный сотрудник Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) ПИШ СПбПУ **Максим Никитин** описал слушателям подход к производству отдельных элементов конструкции из ПКМ на примере нескольких ответственных узлов и агрегатов. Также была описана методика производства и расчета изделий из ПКМ с учетом заданных свойств. В этом же блоке **Илья Керестень** выступил с докладом, где представил валидацию моделей для проведения виртуальных испытаний стандартных образцов для определения физико-механических характеристик ПКМ. Также представил валидацию моделей для проведения виртуальных испытаний конструктивно подобных образцов, изготовленных из ПКМ и рассмотрел различные статические и динамические нагрузки.

Помимо лекционных материалов, курс включал 4 практических задания, выполняемых слушателями индивидуально по результатам ознакомления с соответствующим лекционным теоретическим материалом.

«На сегодняшний день, в различных отраслях машиностроения, в частности, в судостроении, все большее применение находят полимерные композиционные материалы по сравнению с металлами ввиду ряда преимуществ. Одним из главных преимуществ является возможность существенного снижения массы при обеспечении требований прочности. Данная дополнительная программа образования, успешно освоенная сотрудниками АО «ЦКБ МТ «Рубин», посвящена особенностям цифрового проектирования и моделирования изделия из полимерных композиционных материалов с использованием передовых технологий цифрового инжиниринга» -

добавил **Илья Керестень**.

Курс включает 16 тем, которые можно представить 4 укрупненными тематическими блоками:

1. Знакомство с полимерными композиционными материалами

Конструкционные материалы;
Композиционные материалы;
Полимерные композиционные материалы;
Анализ современного рынка полимерных композиционных материалов.

2. Проектирование полимерных композиционных материалов

Полимерные матрицы. Высокомолекулярные соединения. Полимерное состояние вещества;
Физико-механические свойства полимеров;
Выбор полимерной матрицы;
Наполнители для волокнистых полимерных композиционных материалов;
Введение в механику композиционных материалов;
Методы математического описания изделий из полимерных композиционных материалов.

3. Технологии производства и обработки полимерных композиционных материалов

Подготовка сырья;
Технологии изготовления препрегов на основе терморезистивных и термопластичных полимеров;
Технологии изготовления изделий и конструкций из полимерных композиционных материалов на основе терморезистивных полимеров;
Технологии изготовления изделий и конструкций из полимерных композиционных материалов на основе термопластичных полимеров.

4. Эксплуатация полимерных композиционных материалов

Методы испытания полимерных конструкционных материалов;
Технологии ремонта и восстановления изделий из полимерных композиционных материалов.

Разработка и реализация корпоративных образовательных программ для высокотехнологичных предприятий входит в число приоритетных направлений работы Передовой инженерной школы СПбПУ «Цифровой инжиниринг» и Центра компетенций

НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии». Специалисты ПАО «Т Плюс» [проходят обучение](#) по программе «Подготовка кадров к цифровой трансформации».

С июня по октябрь 2022 года сотрудники ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация» (ПАО «ОАК», входит в Госкорпорацию «Ростех») [проходили обучение](#) по четырем модулям программы «Развитие производства для достижения технологического лидерства».

В экосистеме технологического развития СПбПУ по заказу высокотехнологичных корпораций и компаний разрабатываются и реализуются кастомизированные программы дополнительного профессионального образования в области цифровой экономики, цифровой трансформации промышленности, цифрового инжиниринга, математического и имитационного моделирования, цифрового проектирования, передовых цифровых и производственных технологий. Обучение реализуется в различных формах: в очной форме и с применением дистанционных образовательных технологий.

Подробная информация представлена в [буклете](#).