

Хроника международной конференции, посвященной 100-летию академика

А. Малмейстера

На открытии конференции со вступительным словом при выступил действующий президент Академии наук Латвии академик Я. Экманис. Он отметил большой вклад А. Малмейстера в развитие науки в Латвии в целом. С 1970 по 1984 гг. А. Малмейстер возглавлял Академию наук Латвии и является наиболее долго проработавшим на этом посту президентом. Академик А. Малмейстер внес большой личный вклад в развитие нового научного направления в механике материалов – механики полимерных и композитных материалов. Им выполнен ряд оригинальных научных исследований в этой области. А. Малмейстер был организатором Института механики полимеров, его первым директором и бессменным научным руководителем.

Академик В. Тамужс в начале своего доклада, посвященного анализу результатов научной деятельности А. Малмейстера, кратко рассказал его биографию. В 1953 г. А. Малмейстер сформулировал теорию локальных деформаций, применимую к описанию сложного напряженного состояния с учетом накопления повреждений и пластического поведения материала. В 1957 г. Он обобщил результаты своих исследований по бетону в монографии "Упругость и неупругость бетона" и в 1958 г. защитил докторскую диссертацию. С 1961 по 1963 А. Малмейстер работает на должности ректора Рижского политехнического института, а с 1963 – директора нового института – Института механики полимеров АН Латвии, где он также руководит лабораторией реологии. Академик А. Малмейстер – основатель журнала „Механика композитных материалов” (с 1965 по 1979 г. – “Механика полимеров”) и его многолетний главный редактор. А. Малмейстер инициировал проведение всесоюзных, а впоследствии международных конференций “Механика композитных материалов”, получивших большое международное признание. В 1965 г. он первым описал поверхности прочности ортотропных композитов и предложил методику определения входящих в них неизвестных коэффициентов. А. Малмейстер – автор широко известных монографий и научных статей, создатель крупной научной школы в области механики композитных материалов, биомеханики и теории оболочек и конструкций.

В научной программе конференции было заслушано 10 обзорных докладов, представленных учеными из США, Швеции, России, Белоруссии и Латвии.

Доклад проф. К. Рейфснайдера (University of South Carolina, USA) был посвящен разработке метода анализа накопления повреждений в материалах и конструкциях посредством изменения их состояния в процессе усталостного нагружения изгибом. Изменение состояния регистрируется посредством изменения импеданса методом электрохимической импедансной спектроскопии. Показано, что импеданс (удельное сопротивление как функция частоты подводимого возбуждения) свойство материала, которое может быть использовано в качестве меры состояния материала. При исследовании эпоксидных стеклопластиках установлено, что распределенное микроповреждение существенно коррелирует со многими деталями регистрируемых данных об импедансе, чувствительных даже к очень малой степени повреждения. Полученные результаты позволяют предположить, что деградация свойств материала во время длительного усталостного нагружения может быть количественно оценена посредством остаточной пластичности, для описания которой в качестве аналога можно использовать изменение импеданса при высоких и низких частотах.

Доклад проф. А. А. Кулькова, А. Б. Миткевича, В. Л. Страхова, В. Каледина (ЦНИИСМ, Россия) был посвящен разработке математического моделирования термомеханических процессов в армированных материалах и конструкциях, подверженных экстремальным тепловым воздействиям. Установлено, что многоэлементная

пространственная рама является схемой пригодной для моделирования практически всех строительных конструкций. Система уравнений, описывающих тепловую часть задачи, решается методом конечных разностей, а статическая часть проблемы методом конечных элементов. Создан комплекс вычислительных программ, реализующих разработанный алгоритм решения задачи. Работа комплекса программ протестирована на примере реального инженерного сооружения в Москве.

Проф. Ю. Горбаткиной и В. Г. Ивановой-Мумжиевой (Институт химической физики им. Н. Н. Семенова, РАН, Россия) посвятила свой доклад проблеме адгезии дисперсно-наполненных эпоксидных смол к твердым телам. Предмет исследования – влияние дисперсного наполнителя на адгезию полимерного связующего, в частности эпоксидного. Установлено, что прочность адгезии зависит от природы возникающих связей и их количества, дефектности границы раздела между связующим и частицами наполнителя, структуры и свойств межфазных граничных слоев. Именно последний фактор может способствовать увеличению адгезионной прочности, экспериментально определяемой путем опытов на выдергивание волокон, погруженных в матрицу. Были исследованы разные виды дисперсного наполнителя: аэросил, глина, порошок Al_2O_3 , сажа, углеродные нанотрубки. Экспериментально установлена нелинейная зависимость прочности адгезии от процентного содержания наполнителя по массе. При использовании в качестве нанонаполнителя частичек аэросила получено повышение адгезионной прочности до 25%, тогда как применение углеродных нанотрубок эффекта не дало. Основной вывод работы: введение дисперсного наполнителя можно считать установленным способом повышения адгезионной прочности полимерного связующего к твердому телу.

В докладе проф. Я. Варны (Lulea University of Technology, Sweden) Р. Талрея (Texas A&M University, USA) представлена разработка подхода для анализа и прогнозирования долговечности композитов с учетом механизмов повреждения (деградации механических свойств: жесткости и прочности). Подход построен на многомасштабном моделировании структуры материала: от представительного элемента структуры через микромеханику к подструктуре и наконец структуре. Рассмотрены разные виды повреждений в композитах: кратные трещины, потеря сцепления на границах раздела фаз, расслоения, разрывы волокон. Предложен векторный и тензорный способы математического описания повреждений, возникающих в композитах. Построены математические модели для учета разных типов повреждений и проведены экспериментальные исследования для определения структурных параметров, необходимых для этих моделей. Применимость разработанных подходов продемонстрирована на примере предсказания свойств ортогональноармированных композитов $[0^\circ/90^\circ]$ с учетом накопления повреждений.

Академик К. Роценс с соавторами В. Горемыкиным и Я. Шлисерисом (Рижский технический университет, Латвия) представил доклад, посвященный некоторым рациональным конструкциям и макроструктурам из композитов. Рассмотрены методы повышения удельной прочности и удельной несущей способности конструкций. Наиболее перспективными в этом отношении являются конструкции в форме гиперболического параболоида, сжатые распоры и предварительно растянутые фермы, слоистые ванты, профили из пултрузионных композитов для проезжей части мостов. Приведены примеры проектирования конструкций из несимметричных слоистых композитов, реализующих необходимую криволинейную форму поверхности. Рассмотрены рациональные схемы для профилей из пултрузионных композитов, применяемые в ферменных конструкциях. Представлены перспективные конструкции подвесных мостов с использованием предварительно растянутых кабельных конструкций. Изложены основные принципы проектирования многослойной фанеры для изготовления пластин с требуемой геометрической формы для полов и стен автомобильных трейлеров.

Доклад Н. К. Мышкина, Ю. М. Плескачевского, С. В. Шилько (Институт металлокомпозитных систем, Беларусь) был посвящен проблемам мезомеханического анализа

неоднородных материалов, используемых в биомеханике и трибологии. Во введении С. Шилько отметил, что многие передовые научные идеи академика А. Малмейстера, опередившие свое время, находят сейчас свое воплощение при создании новых композитных материалов. Была описана используемая концепция физической мезомеханики, основанная в частности на применении фрактального анализа и проиллюстрированная на примере дисперсно-наполненных материалов (асфальтобетон) и трикотажных материалов. Представлена оценка эффекта самозалечивания дефектов разной пространственной ориентации при изготовлении металлической заготовки методом непрерывной отливки. Продемонстрированы примеры моделирования механического поведения биомеханических объектов: сердечно-сосудистой системы, костной ткани и мускулов. Сформулированы принципы адресной тренировочной нагрузки и диагностики состояния человека в процессе тренировки, проиллюстрированные большим количеством примеров.

Доклад проф. В. В. Ковриги (Группа ПОЛИПЛАСТИК, Россия) был посвящен проблемам изготовления армированных труб, применяемых для газо-, водо- и теплоснабжения. Спроектирован и изготавливается широкий ассортимент труб различного диаметра (от 20 до 6000 мм) из сшитого полиэтилена и поливинилхлорида. Трубы, предназначенные для эксплуатации под давлением до 20 бар, изготавливаются из специальных марок полиэтилена без армирования, а под рабочим давлением до 40 бар – с армирующим слоем из органическим волокон, создаваемым методом мокрой намотки. Методом намотки также изготавливаются гофрированные армированные напорные трубы большого диаметра. Доклад был проиллюстрирован большим количеством примеров.

Проф. А. Красников (Рижский технический университет, Латвия) представил доклад, посвященный проблемам микромеханики бетона, армированного стальными волокнами. Представлены результаты моделирования поведения армированного бетона, характеризующегося высокой прочностью и псевдопластическим поведением после начала трещинообразования. Экспериментальные результаты получены в экспериментах по выдерживанию стальных волокон разной формы с учетом трения из модельных бетонных образцов, а также испытаний реальных натуральных бетонных балок. Разработана технология изготовления армированного бетона прочностью до 400 МПа, основанная на использовании нанотехнологии. Начаты исследования по применению коротких стеклянных и углеродных волокон для армирования бетона. Основная нерешенная проблема – обеспечение равномерного распределения волокон по объему бетона.

В докладе проф. Я. Браунса (Латвийский сельскохозяйственный университет, Латвия) рассмотрены вопросы механического и гигротермического проектирования конструкций из слоистых композитов. Проектирование основано на теории слоистых композитов с учетом анизотропии упругих и термических свойств материалов, обуславливающих эффекты взаимодействия нормальных и сдвиговых деформаций и напряжений. Представлены примеры оптимального проектирования лопасти ветрогенератора с функцией адаптивности к действующим нагрузкам. Построены диаграммы допустимых проектных параметров. Влияние ориентации армирующих волокон в слоях композита на набухание и механические характеристики продемонстрировано на примере фибролита.

Проф. Р. Тепферс (Chalmers University of Technology, Sweden) посвятил свой доклад проблемам технологии изготовления бетона. Указано, что одной из главных проблем, связанных с производством высокопрочного бетона, является оптимизация его пористости. Процентное содержание цемента в бетоне определяет процесс агрегации частиц наполнителя. Большая степень агрегации частиц обуславливает высокую концентрацию напряжений в бетоне. Докладчик подробно рассказал о процессе изготовления силикатного бетона, химических реакциях компонентов цемента, происходящих в ходе изготовления и консолидации бетона. Указано, что прочность бетона при сжатии сильно зависит от процентного отношения воды, содержащейся в

бетоне, к цементу. При малой пористости это отношение должно быть равным 0,4. Исследования показали, что повышение прочности бетона, связанное с уменьшением его пористости, достигается при введении в него микросилики (микрокремнезема), суперпластифицирующих добавок и применении вибротехнологии. Основной вывод доклада: меньше пористость – выше прочность и долговечность бетона.

Главный редактор журнала „Механика композитных материалов” академик В. Тамужс поблагодарил докладчиков за презентацию интересных докладов, содержащих новые научные результаты и их обобщение, и предложил представить их в качестве статей, которые будут опубликованы в специальном выпуске журнала, посвященном 100-летию академика А. Малмейстеру.