
Gabruk R.

CURRENT STATE OF DYNAMIC POSITIONING SAFETY PROBLEMS

In the article components which form safety of mobile water transport object with dynamic principles of positioning were considered. The most perspective directions for further research were highlighted.

Keywords: *dynamic positioning system, the safety of navigation.*

УДК 681.5

Богдан А. П.

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБРАЗЦОВ ЭПОКСИКОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Работа посвящена вопросам обеспечения исследований в области композитных материалов и защитных покрытий на их основе средствами расчета напряженно-деформированного состояния образцов. Рекомендовано для использования и совершенствования как альтернатива программным комплексам МКЭ для двумерных областей ограниченных произвольным контуром.

Ключевые слова: *композитные материалы, защитные покрытия, напряженно-деформированное состояние, автоматизация обработки результатов.*

Постановка задачи. Борьба с коррозией и износом является важной технической задачей, решение которой даёт значительный экономический эффект. Одним из вариантов её решения является нанесение на детали конструкций защитных покрытий. Покрытия на основе эпоксидных смол обладают определёнными технологическими и эксплуатационными преимуществами [1,2]: большой удельной прочностью, коррозионной и теплостойкостью, достаточной простотой процессов приготовления и нанесения, возможностью варьирования свойствами. Эти покрытия находят все большее применение в разных отраслях промышленности, в том числе и в судостроении [1].

В процессе эксплуатации покрытие деформируется совместно с конструкцией, которую оно защищает. Напряжения, возникающие в покрытии, могут привести к нарушению его прочности: растрескиванию и отслоению. Поэтому исследование совместной работы покрытия и основы (подложки) является важной задачей материаловедения и технологии покрытий.

Актуальной является задача обеспечения прочности и высокой износостойкости поверхностей. При эксплуатации детали и узлы технологического оборудования подвергаются действию изгибающих нагрузок, которые существенно влияют на упруго-прочностные характеристики, и определяют долговечность эксплуатации оборудования. В этом направлении является перспективным исследование свойств и деформаций полимерных композитных материалов при изгибе, а именно в системе «покрытие – основа». Следует отметить, что, несмотря на огромную важность экспериментальных методов исследований при поиске материалов, обладающих нужными свойствами, все большую значимость приобретают численные методы и методы математического моделирования. Это обусловлено тем, что в исследовании многокомпонентных систем необходима большая

экспериментальная работа, которая требует определенных затрат времени, материальных и финансовых ресурсов.

Исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) покрытий может быть выполнено экспериментально или расчётным путём.

В первом случае получают наиболее объективную информацию о свойствах покрытия при ограниченном количестве регистрируемых параметров и, как правило, значительных затратах времени и средств.

Расчётное определение НДС покрытия возможно лишь в рамках принятой физической модели, однако, при наличии соответствующего программного обеспечения позволяет получить результат в любой точке рассматриваемой области при минимальных затратах времени.

Анализ последних публикаций. Одним из важнейших свойств композитных материалов является их механическая прочность. Для исследования взято однослойное композитное покрытие (КП) с равномерным распределением двухкомпонентного полидисперсного наполнителя. Т.к. частицы наполнителя получают устойчивую ориентацию, то на макроуровне материал покрытия становится конструктивно-анизотропным. В большинстве случаев такой материал, с приемлемой для практики точностью, может рассматриваться как ортотропная среда. Механические свойства покрытий из таких материалов нередко приходится исследовать с привлечением аппарата теории упругости.

Авторами [1-3] показано, что исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) покрытий может быть выполнено экспериментально или расчётным путём. В первом случае получают наиболее объективную информацию о свойствах покрытия при ограниченном количестве регистрируемых параметров и, как правило, значительных затратах времени и средств.

Расчётное определение НДС покрытия возможно лишь в рамках принятой физической модели, однако, при наличии соответствующего программного обеспечения позволяет получить результат в любой точке рассматриваемой области при минимальных затратах времени.

Рассмотрев деформации образцов, видим, что задача может быть сведена к двумерной, плоской задаче теории упругости, а именно расчёту плоско-деформированное состояние, обусловленное изгибом образца-пластины по цилиндрической поверхности. На концах покрытия всегда возникают очаги концентрации напряжения. Для решения нашей задачи в работе применили метод конечных разностей (метод сеток).

Цель работы – рассчитать напряженно-деформированное состояние в очагах концентрации напряжений при испытании образцов КП на изгиб.

Результаты исследования. Испытания плоских образцов с покрытием на изгиб проводили по так называемой трёхточечной схеме. В случае испытания материала вместе с основой, на которую оно наносится, на концах покрытия всегда возникают очаги концентрации напряжений. Исследовали НДС однослойных КП с толщиной покрытия 0,4, 0,6 и 1,1 мм, нанесенных на поверхность основы. В качестве основы использовали плоский образец из стали Ст.3. Поставленная задача была сведена к двумерной плоской задаче теории упругости (ПЗТУ). Искомые функции деформаций и напряжений системы уравнений ПЗТУ предполагаются кусочно-непрерывными, а функции перемещений физически являются непрерывными во всей области занимаемой телом. Общий интеграл системы уравнений ПЗТУ не может быть выражен через конечное число элементарных функций. Был применен один из приближенных методов высшего анализа, основанный на отыскании дискретных значений параметров НДС в отдельных точках рассматриваемой области – метод конечных разностей. Компоненты НДС рассчитаны в программе, написанной на языке Pascal ABC.

Для покрытия стальной основы использовали однослойное покрытие (КП) с равномерным распределением двухкомпонентного полидисперсного наполнителя. Его основа это промышленный эпоксидный олигомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-840) с добавлением

отвердителя ПЕПА (ТУ 6-05-241-202-78) и наполнителя коричневого шлама (КШ) 40 масс. ч. и диоксида титана 60 масс. ч.

Параметры покрытий и полученные напряжения на границе стальной основы (подложки) и покрытия приведены в табл. 1.

Таблица 1

Напряжения, возникающие на границе стальной основы (подложки) и покрытия

Расстояние от оси Y покрытия, мм	Толщина h , мм	σ_y , МПа	τ_{xy} , МПа	Параметры, при которых разрушалось покрытие		Вид разрушения	Материал покрытия
				P , Н	Δl , мм		
0	0,4	-0,14	0	580	1,1	Растрескивание	КП
6,25		-0,09	0,08				
12,5		84,4	17,6				
0	0,6	-0,22	0	620	2,0		
6,25		-0,13	0,13				
12,5		86,8	18,4				
0	1,1	-0,48	0	520	4,0		
6,25		-0,30	0,42				
12,5		84,9	17,4				

Предполагали, что как касательные, так и нормальные напряжения при трехточечном изгибе равномерно распределены на границе раздела фаз основа - покрытие в обоих направлениях от оси Y (рис. 1). Экспериментально установлено, что покрытие толщиной $h = 0,4$ мм разрушается при силе нагрузки $P = 580$ Н, $h = 0,6$ мм разрушается при силе нагрузки $P = 620$ Н, $h = 1,1$ мм разрушается при силе нагрузки $P = 520$ Н, (табл. 1). При этом вид разрушения покрытия – растрескивание. С использованием разработанной программы, рассчитано и установлено, что в центре покрытия (на оси Y) величина нормальных напряжений составляет: КП 0,4 - $\sigma_y = -0,14$ МПа, (заметим, что при проведении эксперимента на изгиб покрытия находилось снизу относительно основания), а тангенциальные напряжения $\tau_{xy} = 0$.

Кроме этого, на расстоянии $l = 6,25$ мм от осевой линии Y покрытия нормальные напряжения уменьшаются и составляют $\sigma_y = -0,09$ МПа, а тангенциальные напряжения возрастают до $\tau_{xy} = 0,08$ МПа. На торцах образца установлено максимальное возрастание напряжений в покрытии, величина которых составляет: $\sigma_y = 84,4$ МПа, $\tau_{xy} = 17,6$ МПа.

Увеличение толщины КП с дисперсными частицами от 0,4 до 0,6 мм обеспечивает увеличение максимальных нормальных напряжений от $\sigma = 84,4$ до $\sigma = 86,8$ МПа. При этом, далее увеличение толщины покрытий до 1,1 мм приводит к уменьшению максимальных нормальных напряжений до $\sigma = 84,9$ МПа. Показатели максимальных тангенциальных напряжений также растут с увеличением толщины покрытия от 0,4 до 0,6 мм и падают при увеличении толщины покрытия от 0,6 до 1,1 мм. Это говорит о нецелесообразности увеличения толщины КП более 0,6 мм, т.к. в таком случае ухудшаются когезионные свойства системы «покрытие – основа».

Параметры покрытия (в виде полимерной матрицы): модуль Юнга $E = 6,4 \cdot 10^5$ МПа. Параметры стальной основы: модуль Юнга $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$. Геометрические параметры основы и покрытия:

- толщина основы – $1,00 \pm 0,01$ мм, покрытия – 0,4, 0,6, и 1,1 мм;
- длина основы – $90 \pm 0,1$ мм, расстояние между опорами - $85 \pm 0,1$ мм, покрытие - $25 \pm 0,1$ мм;

Ширина основы и покрытия - $10 \pm 0,1$ мм.

На рис. 1 представлены эпюры напряжений на границе раздела фаз стальная основа (подложка) – покрытие, рассчитанные по программе, реализующей предложенный алгоритм.

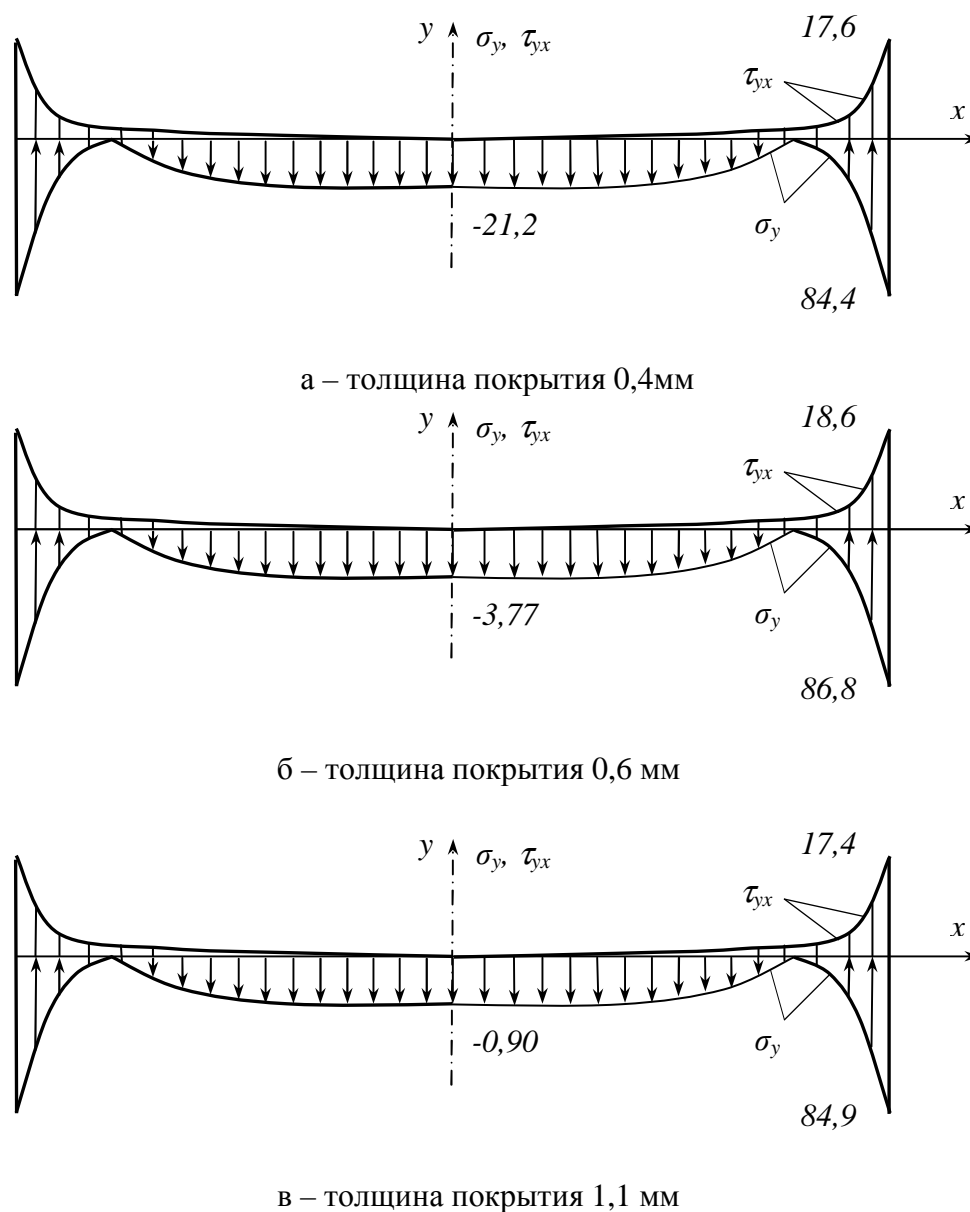


Рис. 1. Напряжения на границе раздела фаз покрытие – стальная основа

Выводы. Таким образом, используя разработанное программное обеспечение на языке Pascal ABC относительно исследуемых материалов, можно говорить о перспективности данного подхода для оценки динамических свойств при изгибе образцов. Данная методика дает возможность анализировать параметры НДС, возникающих на границе раздела фаз основа – покрытие и, соответственно, адгезионные свойства покрытий к металлической основе. Это, в свою очередь, позволит прогнозировано управлять свойствами композитных материалов во время их эксплуатации в критических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гращенков Д. В. Стратегия развития композиционных функциональных материалов / Д. В. Гращенков, Л. В. Чурсова // Авиационные материалы и технологии. 2012. – №8. – С. 231-242.

-
2. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. Пособие / [М. Л. Кербер, В. М. Виноградов, Г. С. Головкин и др.; под ред. А. А. Берлина]. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с., ил.
 3. Букетов А. В. Дослідження фізико-механічних властивостей при згині системи «епоксидне композитне покриття – стальна основа» / А. В. Букетов, П. Д. Стухляк, І. В. Чихіра, М. А. Долгов // Науковий вісник ХДМІ. – 2010. – №2 (3). – с.139-148.

Богдан А. П.

РОЗРАХУНОК НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗРАЗКІВ ЕПОКСИКОМПОЗИТНИХ ПОКРИТТІВ

Робота присвячена питанням забезпечення досліджень в області композитних матеріалів і захисних покриттів на їх основі засобами розрахунку напружено-деформованого стану зразків. Рекомендовано для використання та вдосконалення як альтернатива програмним комплексам МКЕ для двомірних областей, що обмежені довільним контуром.

Ключові слова: композитні матеріали, захисні покриття, напружено-деформований стан, автоматизація обробки результатів.

Bogdan A.

CALCULATION OF THE STRESSEDLY-DEFORMED CONDITION OF SAMPLES OF EPOXY COMPOSITE COATINGS

Work is devoted to questions of ensuring researches in the field of composite materials and sheetings on their basis by means of calculation of the stressedly-deformed condition of samples. Recommended for use and development as an alternative to the FEM software complexes for two-dimensional domains bounded arbitrary contour.

Keywords: composite material, protective coatings, stressedly-deformed condition, automation of the processing of the results of indirect measurements.

УДК 629.123

Богомья В.И., Давыдов В.С., Кожухаренко Р.В.

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СОВРЕМЕННЫХ КРУПНОТОННАЖНЫХ СУДОВ, МЕТОДОВ И СИСТЕМ ИХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ПЛАВАНИИ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В статье проведен краткий анализ количества аварийных случаев в мировом торговом флоте, а также системных свойств крупнотоннажных судов, методов и систем обеспечивающих безопасность плавания судов в стесненных условиях плавания. Дано обоснование необходимости применения на крупнотоннажных судах новых подходов в высокоточном позиционировании их координат с помощью глобальных навигационных спутниковых систем. Предложен путь решения навигационной задачи по обеспечению безопасного плавания крупнотоннажных судов в стесненных условиях плавания.

Ключевые слова: судно, безопасность плавания, маневренные характеристики, циркуляция, стесненные условия плавания.