



И.В. Черемухина, Т.П. Устинова

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ХИМИКО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ
ВОЗДЕЙСТВИЯ**

**Методические указания
для практических занятий
по дисциплине «Интенсификация химико-технологических
процессов физическими методами воздействия»**

**для направления подготовки
18.04.01 «Химическая технология»**

**Профиль «Химическая технология композиционных материалов и
покрытий»**

Энгельс 2026

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Энгельсский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»**

И.В. Черемухина, Т.П. Устинова

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ХИМИКО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ
ВОЗДЕЙСТВИЯ**

**Методические указания
для практических занятий
по дисциплину «Интенсификация химико-технологических
процессов физическими методами воздействия»**

**для направления подготовки
18.04.01 «Химическая технология»**

**Профиль «Химическая технология композиционных материалов и
покрытий»**

**Квалификация – магистр
Форма обучения – очная**

Энгельс 2026

Цели и задачи освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины М.1.2.5 «Интенсификация химико-технологических процессов физическими методами воздействия» является изучение студентами современных тенденций в области интенсификации базовых процессов химической технологии, возможностей и технологических особенностей применения для этих целей физических методов воздействия, а также приобретение навыков применения полученных знаний в профессиональной деятельности.

К основным задачам изучения данной дисциплины при подготовке магистров, отвечающих основным профессиональным требованиям, относятся:

- изучение современных тенденций в области интенсификации химико-технологических процессов в мировой и отечественной практике;
- изучение перспективных технических решений по применению на российских промышленных предприятиях физических методов воздействий;
- изучение технологических особенностей использования физических методов воздействий при интенсификации химико-технологических процессов;
- овладение навыками практического применения полученных знаний.

Для закрепления теоретических знаний, определяющих перспективные технические решения по использованию физических методов воздействия для интенсификации химико-технологических процессов и технологических особенностей их применения, а также для приобретения практического опыта по проведению физической модификации композиционных материалов и покрытий, в учебном плане

подготовки магистров в области химической технологии предусмотрены практические занятия.

Целью практических занятий по дисциплине «Интенсификации химико-технологических процессов физическими методами воздействия» является не только углубление и закрепление профессиональных знаний студентов по данной дисциплине, но и развитие технической инициативы и творческой активности обучающегося.

Практическое занятие на тему: Анализ эффективности применения физических методов воздействия для интенсификации технологий получения композиционных материалов и покрытий.

К числу эффективных способов интенсификации технологических процессов в производстве композиционных материалов относятся физические методы воздействия, которые можно применять на различных стадиях в технологии получения изделий из полимерных материалов[1].

Для оценки эффективности применения физических методов воздействия с целью интенсификации технологий получения композиционных материалов и покрытий использована методика, разработанная профессором Сударушкиным Ю.К. (Саратовский научно-исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского)[2].

Применение данной методики рассмотрим на примере оценки технического уровня полимерной арматуры, разработанной на основе эпоксидного связующего и базальтовой технической нити с использованием ультрафиолетовой обработки [3].

В основу методики положено сравнение свойств разработанного композиционного материала с характеристиками материала-аналога с учётом количества рассматриваемых показателей и их значимости (веса) для области эксплуатации армированного пластика.

На основании анализа литературных данных в качестве материала-аналога проведен выбор стеклопластиковой арматуры и наиболее важных для полимерной арматуры, используемой при армировании специальных бетонов, характеристик качества:

- плотность (ρ), кг/см³;
- разрушающее напряжение при разрыве - σ_p , МПа;
- модуль упругости при разрыве - E_p , МПа;
- разрушающее напряжение при статическом изгибе - $\sigma_{и}$, МПа;
- модуль упругости при статическом изгибе $E_{и}$, МПа.

Значения коэффициентов значимости (весомости) выбранных, важных для эксплуатации, свойств полимерной арматуры определяют разработчики (авторы) и представители Заказчика (в частности, ООО «Новоуренгойский газохимический комплекс»).

Критерием оценки технического уровня разработанной полимерной арматуры (K_p) служит комплексный показатель, характеризующий его основные физико-механические свойства, в сравнении с аналогом ($K_{ан}$) и перспективным ($K_{п}$) материалом, в качестве которого выбран углепластик. Для материала-аналога принимается $K_{ан} = 1$.

Расчёт комплексного показателя, характеризующего уровень его основных физико-механических свойств, проводится с применением соотношения:

$$K = \sum_{i=1}^n K_i U_i \quad (1)$$

где K – комплексный показатель, характеризующий технический уровень материала; n - количество рассматриваемых характеристик;

U_i - коэффициент весомости характеристики;

K_i - критерий оценки, который определяет отклонения характеристики рассматриваемого материала от аналога и соответствует отношению:

$$K_i = \frac{X_{pi}}{X_{ai}} \quad (2)$$

На основании полученных данных составляется таблица оценки технического уровня разработанного материала (таблица 1).

В таблице 1: K_{pi} – значение характеристики перспективного материала; X_{ani} – значение характеристики материала аналога; X_{pi} – значение характеристики разработанного материала; U_i – коэффициент весомости характеристик.

Из полученных результатов (таблица 1) видно, что разработанный материал характеризуется более высоким значением критерия оценки технического уровня ($K_p = 1,43$) по сравнению со стеклопластиковой арматурой (материал-аналог, $K_{an} = 1,0$) и по своему техническому уровню приближается к перспективному материалу ($K_{пр} = 1,57$).

Таким образом, используемые для получения полимерных композитов технологии с воздействием УФИ обеспечивают создание композиционных материалов на основе олигомерных связующих и армирующих наполнителей с комплексом улучшенных эксплуатационных свойств.

Таблица 1. Оценка технического уровня разработанного базальтопластика

Характеристики материалов	Коэффициент весомости характеристик, U_i	Перспективный материал (УП)			Материал-аналог (СП)			Разработанный материал (БП)		
		$X_{при}$	$K_{при}$	$K_{при} \cdot U_i$	$X_{ани}$	$K_{ани}$	$K_{ани} \cdot U_i$	$X_{рi}$	$K_{рi}$	$K_{рi} \cdot U_i$
ρ , кг/м ³	0,20	1700	0,85	0,17	2000	1	0,20	1850	0,95	0,19
σ_p , МПа	0,10	900	1,5	0,15	600	1	0,10	774	1,29	0,13
E_p , МПа	0,15	9000	3,0	0,45	3000	1	0,15	2900	0,97	0,15
$\sigma_{изг}$, МПа	0,15	300	1,5	0,23	200	1	0,15	533	0,89	0,13
$E_{изг}$, МПа	0,15	3000	1,5	0,23	2000	1	0,15	2200	1,1	0,17
$\alpha_{уд}$, кДж/м ²	0,10	120	1,09	0,11	110	1	0,10	497	4,52	0,45
H_B , МПа	0,07	200	0,67	0,05	300	1	0,07	208	0,69	0,05
W, %	0,08	0,1	2,0	0,16	0,62	1	0,08	1,2	1,94	0,16
К				1,57			1,0			1,43

Задание для практического выполнения:

Используя изученную методику, определить технический уровень разработанного в результате проведенных исследований материала или покрытия и оформить в виде отчета по практическому заданию.

Литература

1. Черёмухина, И. В. Применение воздействий энергетических полей в технологии переработки полимеров: учеб. пособие / И. В. Черёмухина, В. Н. Студенцов. – Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А. 2021. – 96 с. (электронная версия).
2. Сударушкин, Ю. К. Методология создания полимерных материалов с заданными свойствами : учеб. пособие / под ред. проф. В. И. Кленина. – Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1998. – 58 с.
3. Черемухина, И. В. Количественная оценка эффективности различных физических воздействий при модификации армированных реактопластов / И. В. Черемухина, В. Н. Студенцов, М. С. Финашкина // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2011. – № 4. - Вып. 1. – С. 119-122.

Черемухина Ирина Вячеславовна
Устинова Татьяна Петровна

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ ФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Методические указания
для практических занятий

Ответственный за выпуск И.В. Черемухина
Оригинал-макет И.В. Черемухина