

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА

OPTIMIZATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF FORMING COMPOSITE MATERIALS USING ULTRASONIC TECHNOLOGY

А.С. МАРУЩАК

A.S. MARUSHCHAK

(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)

(Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus)

E-mail: alexeymarushak@mail.ru

С целью получения композиционных материалов с основой из полиэфира с заданными свойствами в статье рассматривается многокритериальная оптимизация технологического процесса их формирования с применением ультразвука. Показано применение функций желательности, определены частные функции желательности и их ограничения. Составлены математические модели процесса формирования с двумя объектами оптимизации. Получены оптимальные параметры формирования композиционных материалов.

In order to create composite materials with the desired properties, the article discusses the optimization of the technological process for the formation of poly-ether materials using ultrasound. The application of desirability functions is shown, and private desirability functions and their constraints are defined. Mathematical models of the formation process with two optimization objects are developed. The optimal parameters for the formation of composite materials have been obtained.

Ключевые слова: оптимизация, функция желательности, моделирование, ультразвук, полиэфир.

Keywords: optimization, desirability function, modeling, ultrasound, polyester.

Введение

Любой технологический процесс и работа технологического оборудования на производстве зависят от множества входных параметров, которые непосредственно влияют на качество и характеристики выходного продукта. Для достижения наиболее рациональных параметров применяется оптимизация технологических процессов [1, 2].

В работе [3] проведен анализ и представлены результаты экспериментов по влиянию режимных параметров ультразвуковых колебаний на прочностные характеристики полиэфирных материалов.

Авторами [4] проведены исследования влияния ультразвукового излучения на процесс крашения полиэфирных материалов и установлено, что применение ультразвука позволяет достичь высокой степени фиксации красителя на волокне при сокращении продолжительности процесса.

Поиск оптимальных режимных параметров для формирования композиционных материалов с основой из полиэфира ранее рассмотрен не был.

Цель работы состояла в разработке оптимального режима применения полимерной композиции и полиэфирной основы с

использованием ультразвука для формирования композиционных материалов путем математического планирования эксперимента.

Объект и методы исследования

Для исследования процесса пропитки материалов выбран метод, реализованный с помощью установки для определения капиллярности, описанной в [7], в соответствии с ГОСТ 29104.11–91 «Ткани технические. Метод определения капиллярности».

Материалы пропитывались полимерной композицией в концентрации 100, 200 и 300 г/л. Нанесение состава на материал производилось методом пропитывания в ванне с полимерной композицией и красителем, затем образцы подвергались отжиму для обеспечения равномерной влажности.

Комбинированная сушка производилась в установке, описанной в [3]. Температуру в камере установки контролировали в течение всего эксперимента (75⁰С). Для каждого образца с одной концентрацией полимерной композиции изменялась мощность ультразвуковой обработки (100, 200 и 300 Вт) и частота ультразвука (20, 28, 40 кГц).

После заключительной обработки образцы находились в лабораторных условиях в развернутом состоянии в течение 24 часов.

Заключительный этап испытания производился на разрывной машине TIME WDW-20e, которая обеспечивает постоянную скорость опускания нижнего зажима и предназначена для проведения испытаний образцов на растяжение, сжатие и изгиб в диапазоне нагрузок до 20 кН.

Максимальная разрывная нагрузка находилась из протоколов эксперимента, получаемых из программного обеспечения разрывной машины.

Целью оптимизации процесса формирования композиционного материала является определение параметров, которые обеспечивают максимум критерия оптимизации (\hat{y}), с помощью математического планирования эксперимента (полный факторный эксперимент – ПФЭ)

В данной работе критериями оптимизации выступают капиллярность полиэфирной основы (Y_1) и разрывная нагрузка (Y_2) готового материала, т. к. эти показатели определяют качество готового материала, формируемого при воздействии ультразвука.

При проведении полного факторного эксперимента (ПФЭ) осуществляются опыты для всех возможных комбинаций уровней входных параметров (факторов), при этом число опытов равно числу всех возможных комбинаций уровней факторов [5].

В результате ПФЭ находят значения коэффициентов регрессии, характеризующих линейные эффекты и эффекты взаимодействия факторов всех порядков.

Экспериментами, проведенными автором, установлено, что на процесс формирования композиционных материалов с применением ультразвука влияют три фактора: концентрация полимерной композиции (С, г/л), мощность ультразвука (Р, Вт) и частота ультразвука (ν, кГц).

Экспериментальные исследования и обсуждение результатов

Для поиска математической модели влияния параметров на качество готового материала был проведен полный факторный эксперимент типа 2³, состоящий из 8 опытов. Исходные значения факторов обусловлены техническими характеристиками опытно-экспериментальной установки. Факторы, их уровни и интервалы изменения показаны в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Обозначение	Факторы	Уровни варьирования			Интервал варьирования ε
		-1	0	1	
С	Концентрация полимерной композиции	100	200	300	100
Р	Мощность ультразвука	0	50	100	50
ν	Частота ультразвука	20	30	40	10

Значения факторов в уровне -1 и уровне 1 были найдены с помощью следующей формулы, которая характеризует связь именованных и кодированных величин:

$$x_i = \frac{c_i - c_{0i}}{\varepsilon}, \quad (1)$$

где x_i – кодированное значение фактора (безразмерная величина); c_i, c_{0i} – натуральные значения факторов (текущее значение и значение на нулевом уровне); ε – натуральное значение интервала варьирования фактора.

Для определения зависимости кодированной переменной от натуральной используем выражения:

$$x_1 = \frac{C-200}{100}, \quad (2)$$

$$x_2 = \frac{P-50}{50}, \quad (3)$$

$$x_3 = \frac{v-30}{10}. \quad (4)$$

Значения этих соотношений позволили построить рабочую матрицу, где показаны именованные значения факторов. Рабочая матрица и матрица планирования представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

№ опыта	Матрица планирования			Рабочая матрица		
	x_1	x_2	x_3	C	P	v
1	+1	+1	+1	300	100	40
2	-1	+1	+1	100	100	40
3	+1	-1	+1	300	0	40
4	-1	-1	+1	100	0	40
5	+1	+1	-1	300	100	20
6	-1	+1	-1	100	100	20
7	+1	-1	-1	300	0	20
8	-1	-1	-1	100	0	20

Результаты эксперимента с тремя повторениями в каждой точке для критерия

оптимизации Y_1 (высота капиллярного подъема) показаны в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

№ опыта	Значение						
	y_{11}	y_{12}	y_{13}	\bar{y}_1	$(y_{11} - \bar{y}_1)^2$	$(y_{12} - \bar{y}_1)^2$	$(y_{13} - \bar{y}_1)^2$
1	57	61	61	59,67	7,1111	1,7778	1,7778
2	69	70	71	70,00	1,0000	0,0000	1,0000
3	35	33	35	34,33	0,4444	1,7778	0,4444
4	47	48	47	47,33	0,1111	0,4444	0,1111
5	53	53	52	52,67	0,1111	0,1111	0,4444
6	55	54	56	55,00	0,0000	1,0000	1,0000
7	35	33	35	34,33	0,4444	1,7778	0,4444
8	29	31	30	30,00	1,0000	1,0000	0,0000

При построении модели первого порядка найдем численные коэффициенты

уравнения регрессии для случая $k = 3$:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3, \quad (5)$$

где b_0 – свободный член; b_1, b_2, b_3 – линейные коэффициенты; b_{12}, b_{13}, b_{23} – коэффициенты двойного (парного) взаимодействия; b_{123} – коэффициент, характеризующий взаимодействие трех факторов.

где y_i – значение параметра оптимизации в том же опыте; N – число опытов в матрице.

Линейные коэффициенты рассчитываем по формуле:

Определяем численное значение свободного члена по формуле:

$$b_i = \frac{\sum_1^N x_{ij}y_i}{N}, \quad (7)$$

$$b_0 = \frac{\sum_1^N y_i}{N}, \quad (6)$$

где x_{ij} – значение фактора x_i в j -м опыте.

Для расчета коэффициентов регрессии, характеризующих парное взаимодействие, используем формулу:

$$b_{ij} = \frac{\sum_1^N x_{ij} x_{nm} y_i}{N}. \quad (8)$$

$$Y_1 = 47,92 - 2,67x_1 + 11,42x_2 + 4,92x_3 - 0,5x_1x_2 - 3,17x_1x_3 + 0,58x_2x_3 + 1,17x_1x_2x_3. \quad (9)$$

Аналогичные эксперименты и расчеты с тремя повторениями в каждой точке были

Уравнение регрессии для зависимости капиллярности полиэфирной основы (Y_1) от условий воздействия ультразвука запишем в виде:

проведены для критерия оптимизации Y_2 (разрывная нагрузка) (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

№ опыта	Значение						
	y_{21}	y_{22}	y_{23}	\bar{y}_2	$(y_{21} - \bar{y}_2)^2$	$(y_{22} - \bar{y}_2)^2$	$(y_{23} - \bar{y}_2)^2$
1	1454	1458	1455	1455,67	1944165,4444	1955336,1111	1946955,1111
2	1199	1201	1197	1199,00	1274641,0000	1279161,0000	1270129,0000
3	1401	1404	1408	1404,33	1867777,7778	1875986,7778	1886960,1111
4	1184	1188	1180	1184,00	1292011,1111	1301120,4444	1282933,7778
5	1385	1401	1394	1393,33	1775112,1111	1818002,7778	1799175,1111
6	1148	1154	1149	1150,33	1194649,0000	1207801,0000	1196836,0000
7	1358	1359	1355	1357,33	1752093,4444	1754741,7778	1744160,4444
8	1084	1091	1090	1088,33	1110916,0000	1125721,0000	1123600,0000

Уравнение регрессии для зависимости разрывной нагрузки (Y_2) от условий воздей-

ствия ультразвука запишем в следующем виде:

$$Y_2 = 1279,04 + 123,63x_1 + 20,54x_2 + 31,71x_3 + 1,29x_1x_2 - 4,38x_1x_3 - 3,96x_2x_3 + 7,79x_1x_2x_3. \quad (10)$$

Для определения ошибки всего эксперимента при одинаковом числе наблюдений находим дисперсию воспроизводимости по формуле:

$$S_{iy}^2 = \frac{3 \sum_1^N (y_i - \bar{y}_j)^2}{N}. \quad (11)$$

Знание дисперсии, характеризующей ошибку воспроизводимости, позволяет оценить значимость коэффициентов уравнения, что позволяет упростить работу с математической моделью из-за отсеивания части факторов. Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии связана с построением доверительных интервалов. При оценке доверительных интервалов пользуются выражением [6]:

$$P(b_i - \Delta b_i \leq \beta_i \leq b_i + \Delta b_i) = \alpha, \quad (12)$$

где α – доверительная вероятность того, что найденное расчетом значение коэффициента b_i отличается от истинного значения коэффициента (β_i) на величину, которая не

превышает погрешности в оценке коэффициентов (Δb_i).

Доверительным интервалом коэффициента регрессии является интервал его значений от $b_i - \Delta b_i$ до $b_i + \Delta b_i$. Для 95%-ной доверительной вероятности Δb_i в случае линейных моделей определяется из соотношения:

$$\Delta b_i = \pm t \cdot S_{bi}, \quad (13)$$

где t – критерий Стьюдента, для доверительной вероятности 95% по числу степеней свободы $n(m - 1) = 8 \cdot 2 = 16$ равен 2,13; S_{bi} – дисперсия, связанная с ошибками при определении коэффициентов регрессии, определяется по формуле:

$$S_{bi} = \sqrt{\frac{S_{iy}^2}{N-n}} \quad (14)$$

В табл. 5 показаны расчеты дисперсий воспроизводимости и доверительных интервалов для уравнения капиллярности полиэфирной основы (Y_1) и уравнения раз-

рывной нагрузки (Y_2): S_{1y}^2, S_{2y}^2 – дисперсии воспроизводимости; b_{1i}, b_{2i} – коэффициенты параметров; $\Delta b_{1i}, \Delta b_{2i}$ – доверитель-

ные интервалы; b_{1i+}, b_{2i+} – отсеянные коэффициенты параметров.

Т а б л и ц а 5

S_{1y}^2	5,333	1,000	1,333	0,333	0,333	1,000	1,333	1,000	Σ 11,667
b_{1i}	47,92	-2,67	11,42	4,92	-0,50	-3,17	0,58	1,17	
$\Delta b_{1i} = \pm 2,13 \cdot 0,25 = \pm 0,525$									
b_{1i+}	47,92	-2,67	11,42	4,92	–	-3,17	0,58	1,17	
S_{2y}^2	4,33	4,00	12,33	16,00	64,33	10,33	4,33	14,33	Σ 130,00
b_{2i}	1279,04	123,63	20,54	31,71	1,29	-4,38	-3,96	7,79	
$\Delta b_{2i} = \pm 2,13 \cdot 0,82 = \pm 1,752$									
b_{2i+}	1279,04	123,63	20,54	31,71	–	-4,38	-3,96	7,79	

После отсеивания незначимых коэффициентов уравнение капиллярности поли-

эфирной основы (Y_1) и уравнение разрывной нагрузки (Y_2) принимают вид:

$$Y_1 = 47,92 - 2,67x_1 + 11,42x_2 + 4,92x_3 - 3,17x_1x_3 + 0,58x_2x_3 + 1,17x_1x_2x_3, \quad (15)$$

$$Y_2 = 1279,04 + 123,63x_1 + 20,54x_2 + 31,71x_3 - 4,38x_1x_3 - 3,96x_2x_3 + 7,79x_1x_2x_3. \quad (16)$$

Гипотезу об адекватности проверяли по критерию Фишера, определяемому по формуле:

$$F_{\text{расч}} = \frac{S_{i_{\text{ад}}}^2}{S_{iy}^2}, \quad (17)$$

где $S_{i_{\text{ад}}}^2$ – дисперсия адекватности:

$$S_{i_{\text{ад}}}^2 = \frac{\sum_1^N n \cdot (\bar{y}_j - \bar{y})^2}{N - k - 1}. \quad (18)$$

Для уравнения капиллярности полиэфирной основы (Y_1) табличное значение критерия Фишера для 95%-ной вероятности равно 4,49. Расчетное значение критерия Фишера для 95%-ной вероятности

равно 4,114. Сравнение табличного и расчетного значения критерия Фишера ($F_{\text{расч}} < F_{\text{табл}}$) показывает, что уравнение (15) можно считать адекватным с доверительной вероятностью 95%. Аналогично для уравнения разрывной нагрузки (Y_2) сравниваем значения критерия Фишера ($F_{\text{расч}} = 2,464 < F_{\text{табл}} = 4,49$) и делаем вывод, что уравнение (16) можно считать адекватным с доверительной вероятностью 95%.

После перевода уравнений (15) и (16) к именованным величинам с учетом выражений (2)...(4) получаем математические модели процессов капиллярности полиэфирной основы (Y_1) и разрывной нагрузки (Y_2):

$$Y_1 = 22,31 + 0,038C + 0,281P + 0,654v - 0,0217Cv - 0,0018Pv + 0,00001CPv - 0,0004CP, \quad (19)$$

$$Y_2 = 921,225 + 1,4189C + 0,997P + 3v - 0,0061Cv - 0,0195Pv + 0,00008CPv - 0,00234CP. \quad (20)$$

Процесс формирования композиционного материала при воздействии ультразвука, по исследованиям автора, зависит от капиллярности армирующей основы, а качество материала – от итоговой разрывной нагрузки.

Для поиска оптимальных параметров обработки материала необходимо по полученным математическим моделям провести безразмерную оптимизацию. Одним из

применяемых методов является использование обобщенной функции желательности [9]. Суть метода заключается в том, что значения частных критериев оптимизации приводятся к нормированному безразмерному виду таким образом, что наиболее «желательному» значению критерия соответствует 1, «нежелательному» – 0. Это позволяет совместно рассматривать критерии оптимизации. На основе нормализованных

частных критериев с помощью обобщенной функции желательности формируется новый скалярный критерий оптимизации, учитывающий желательности всех частных критериев [5].

Для определения желательностей частных критериев оптимизации с помощью односторонней функции желательности Харрингтона для каждого критерия устанавливается соответствие его натурального значения и его желательности [8].

Для оптимизации процесса формирования материалов с применением ультразвука

были выбраны входные параметры: концентрация полимерной композиции (C , г/л), мощность ультразвука (P , Вт) и частота ультразвука (ν , кГц). В качестве критериев оптимизации приняты основные показатели для формирования качественных композиционных материалов: капиллярность основы (Y_1) и разрывная нагрузка (Y_2).

В табл. 6 приведены соответствия натуральных значений критериев оптимизации и их желательности.

Т а б л и ц а 6

Желательность	Отметки на шкале желательности	Капиллярность основы, мм	Разрывная нагрузка, Н
Очень хорошо	1...0,8	72...63	1400...1300
Хорошо	0,8...0,63	63...54	1300...1200
Удовлетворительно	0,63...0,37	54...46	1200...1100
Плохо	0,37...0,2	46...37	1100...1000
Очень плохо	0,2...0	37...28	1000...900

Для определения желательности частных критериев оптимизации составлены частные функции желательности. Частные функции желательности являются ограниченными снизу, т. е. чем больше значение критерия оптимизации, тем оно лучше.

Для капиллярности основы нижний допускаемый порог составляет 60 мм, меньше данного порога высота капиллярного подъема полимерной композиции является неприемлемой.

Для разрывной нагрузки нижний порог составляет 1000 Н, нагрузка меньше установленного порога является недопустимой.

На все параметры оптимизации были наложены ограничения от -1 до 1 .

Решение оптимизационной задачи выполнено в СКМ Maple, результаты показаны в табл. 7.

Т а б л и ц а 7

Параметр	Значение кодированное	Значение именованное
Обобщенная функция желательности	...	0,84424
Концентрация ПК, г/л	-0,19684	180,31
Мощность УЗ, Вт	0,99165	99,81
Частота УЗ, кГц	0,91498	39,14
Высота капиллярного подъема, мм	...	65,684
Разрывная нагрузка, Н	...	1302,1291

В Ы В О Д Ы

Анализ уравнений регрессий позволяет сделать вывод, что на капиллярность и прочность материала влияют все исследуемые параметры обработки. Для исследуемого материала при воздействии ультразвука с мощностью 100 Вт на частоте

39 кГц при концентрации полимерной композиции 180 г/л получили точки максимума критериев оптимизации: капиллярность 65,7 мм и разрывная нагрузка образца 1300 Н. Используя такой метод, можно получать прогнозируемые параметры материалов для любых задач.

1. Романов В.Ю., Бойко С.Ю., Трифонова Л.Б., Мартынов И.С. Оптимизация технологического процесса выработки ткани для специальной одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2025. № 5(419). С. 219...223. – DOI 10.47367/0021-3497_2025_5_219

2. Кожевников С.О., Калинин Е.Н., Кожевникова Л.В., Кузнецов В.Б. Синтез имитационной модели механоактивации многофазной системы при внешнем периодическом возмущении // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 2(410). С. 187...193. – DOI 10.47367/0021-3497_2024_2_187

3. Марущак А.С., Жерносек С.В., Ольшанский В.И. Влияние акустических колебаний ультразвукового диапазона на прочностные свойства текстильных материалов в процессах сушки // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2019. №2(37). С. 44...51.

4. Кульнев А.О., Жерносек С.В., Ольшанский В.И., Ясинская Н.Н. Крашение полиэфирных волокон в условиях предварительного воздействия акустических колебаний ультразвукового диапазона на красильный раствор // Матер. докл. 50-й Междунар. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, посвященной Году науки. Витебск, 2017. Т. 2. С. 311...314.

5. Марущак А.С. Математические модели процесса пропитки текстильных материалов при воздействии ультразвука // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 4(412). С. 178...184. – DOI 10.47367/0021-3497_2024_4_178

6. Илюшина С.В. Методы оптимизации технологических процессов // Вестник Казанского технологического университета. 2014, Т. 17, №8. С. 323...327.

7. Марущак А.С., Жерносек С.В., Ольшанский В.И. Исследование пропитывания текстильных материалов при воздействии акустических колебаний // Матер. 55-й междунар. науч.-техн. конф. Витебск, 2022. Т. 2. С. 369...371.

8. Певнева А.Г., Калинин М.Е. Методы оптимизации. СПб: Университет ИТМО, 2020. 64 с.

9. Мезенцева Е.В., Мишаков В.Ю. Оценка качества теплоизоляционных нетканых материалов с функцией терморегуляции и саморегуляции, сформированных путем диспергирования волокон в потоке воздуха // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 3(399). С. 70...75. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_70

1. Romanov V.YU., Boyko S.YU., Trifonova L.B., Martynov I.S. Optimization of technological process for manufacturing fabric for special clothing // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2025. No. 5(419). P. 219...223. – DOI 10.47367/0021-3497_2025_5_219

2. Kozhevnikov S.O., Kalinin E.N., Kozhevnikova L.V., Kuznetsov V.B. Synthesis of a simulation model of multiphase system mechanical activation with an external periodic disturbance // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2024. No. 2(410). P. 187...193. – DOI 10.47367/0021-3497_2024_2_187

3. Marushchak A.S., Zhernosek S.V., Ol'shanskij V.I. Vliyanie akusticheskikh kolebanij ul'trazvu-kovogo diapazona na prochnostnye svoystva tek-stil'nykh materialov v processah sushki // Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2019. №2(37), S. 44...51.

4. Kulnev A.O., Zhernosek S.V., Olshanskii V.I., Yasinskaya N.N. Krashenie poliefirnykh volokon v usloviyakh predvaritelnogo vozdeistviya akusticheskikh kolebanij ultrazvukovogo diapazona na krasil'nyy rastvor // Materiali dokladov 50-i Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii prepodavatelei i studentov, posvyashchennoi Godu nauki. Vitebsk, 2017. T. 2. S. 311...314.

5. Marushchak A.S. Mathematical models of the impregnation process of textile materials under the influence of ultrasound // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2024. No. 4(412). P. 178...184. – DOI 10.47367/0021-3497_2024_4_178

6. Ilyushina S.V. Metody optimizatsii tekhnologicheskikh processov // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. T. 17, №8. S. 323...327.

7. Marushchak A.S., Zhernosek S.V., Ol'shanskij V.I. Issledovanie propityvaniya tekstil'nykh materialov pri vozdeystvii akusticheskikh kolebanij // Materialy 55-j mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoi konferentsii. Vitebsk, 2022. T. 2. S. 369...371.

8. Pevneva A.G., Kalinkina M.E. Metody optimizatsii. SPb: Universitet ITMO, 2020. 64 s.

9. Mezentseva E.V., Mishakov V.YU. Assessment of the quality of thermal insulation nonwoven materials with the function of thermal regulation and self-regulation formed by dispersion of fibers in the airflow // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 3(399). P. 70...75. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_70

Рекомендована кафедрой теплоэнергетики Витебского государственного технологического университета. Поступила 04.09.25.