

О ФАКТОРАХ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНУЮ КАВИТАЦИЮ

*Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины,
просп. Октябрьский, 43А, г. Николаев, 54018, Украина*

Высоковольтный электрический разряд в жидкости сопровождается целым рядом физико-химических явлений, одним из которых является электроразрядная кавитация.

При использовании электроразрядной кавитации в разрядно-импульсных технологиях обеззараживания воды, отбеливания льняных волокон, отмывания шерсти и др. [1, 2] возникает вопрос о технологических факторах, влияющих на ее характеристики.

Цель данной работы – исследование влияния отдельных элементов и характеристик технологических установок на параметры электроразрядной (ЭР) кавитации.

Проведен анализ возможных схем заряда-разряда конденсатора; конструктивных особенностей электродной системы; влияния концентрации соли в растворе на удельное сопротивление среды; влияния величины напряжения и емкости конденсатора; влияния удельного сопротивления рабочей среды; влияния уровня рабочей среды над электродной системой; влияния рабочей поверхности; влияния частоты следования разрядных импульсов.

Методика эксперимента

Электроразрядная кавитация генерировалась в разрядной камере прямоугольного сечения с электродами типа острие–плоскость, схема которой представлена на рис. 1. Боковые панели из органического стекла позволяли осуществлять визуальное наблюдение за процессом разряда и кавитации.

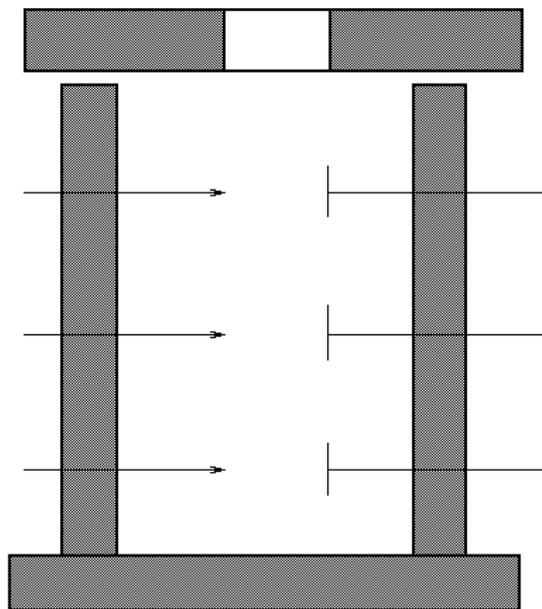


Рис. 1. Схема электроразрядной камеры

Камера обеспечивала возможность оценки интенсивности ЭР кавитации при изменении глубины расположения электродов; уровня рабочей среды ($H_{ур}$) над электродной системой; поверхности рабочей среды (S).

Последняя характеристика изменялась переводом камеры из вертикального положения в горизонтальное.

Установлено, что на завершающей стадии ЭР кавитации образуется значительное количество газовых пузырьков различных размеров, которые визуально достаточно точно регистрируются. Их количество пропорционально интенсивности ЭР кавитации. Поэтому эффективность ЭР кавитации оперативно оценивалась по коэффициенту $K_{\%}$, который определялся отношением площади, занятой кавитационными пузырьками, к общей площади окна наблюдения (в процентах). Коэффициент $K_{\%}$ определяли визуально от 0 до 100 при помощи трафарета с окном $100 \times 100 \text{ мм}^2$, с нанесенными горизонтально и вертикально шкалами, закрепленного на боковой стенке камеры симметрично осям электродной системы.

В случаях, когда оценка по $K_{\%}$ затруднена, применяли йодометрическую оценку ЭР кавитации по выделению J_2 из раствора КJ. Концентрация КJ в исходном рабочем растворе составляла 1 г/л. Пробы для измерения выделившегося J_2 отбирали через 500 – 1000 импульсов. Количество выделившегося J_2 определяли объемным титрованием тиосульфатом натрия, используя в качестве индикатора крахмал [3]. Этот метод хорошо изучен в работах М.А. Маргулиса для количественной оценки кавитации, возбуждаемой ультразвуком [4], а также в работе [5].

Результаты и обсуждение

Рассмотрено влияние схем зарядного и разрядного контуров, представленных на рис. 2, на интенсивность ЭР кавитации. Результаты исследований приведены в табл. 1. Схемы 1, 1А, 2, 2А обеспечивали заряд конденсатора C через воду, а схемы 3, 3А, 4, 4А – заряд конденсатора по обычной (прямой) схеме. Буквосочетание "бэп" означает, что разряд происходил без электрического пробоя.

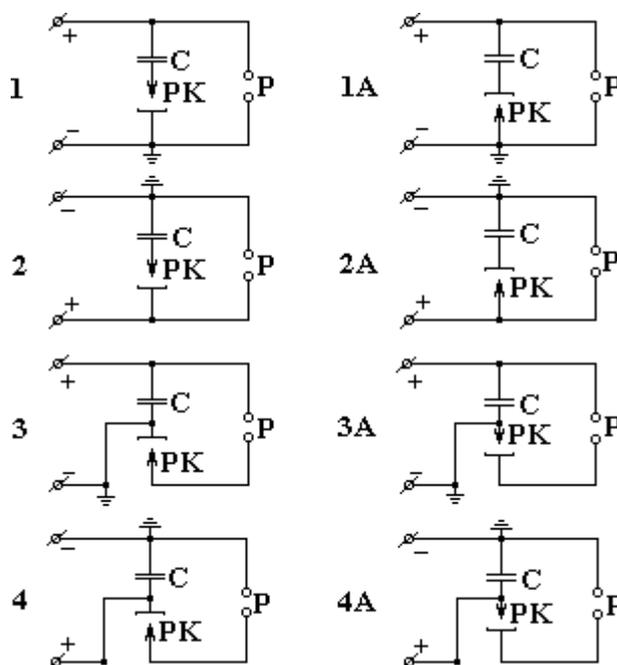


Рис. 2. Схемы исследований заряда – разряда конденсатора:

C – конденсатор, P – разрядник, PK – разрядная камера; \perp – точка заземления схемы

Эксперименты проводились при следующих параметрах:

- | | |
|---|----------------|
| – длина разрядного промежутка l_p | – 15 мм |
| – емкость конденсатора C | – 0,4 мкФ |
| – удельное сопротивление рабочей среды, ρ | – 19,5 Ом · м |
| – уровень среды над электродной системой H_{yp} | – 30 мм |
| – напряжение на конденсаторе U_0 | – 17,5 – 25 кВ |
| – частота следования разрядных импульсов f | – 0,5 имп/с |
| – расположение камеры | – вертикальное |

При проведении исследований параметры зарядного контура и разрядного оставались неизменными, кроме оговоренных особо.

По данным экспериментов эффективны схемы 1А, 2, 3, 4А, однако наиболее приемлемая для лабораторных исследований схема 3, для технологического использования – схемы 2 и 3.

Конструктивные особенности электродной системы также оказывают значительное влияние на интенсивность ЭР кавитации (рис. 3).

Таблица 1. Влияние схем зарядного и разрядного контуров на интенсивность ЭР кавитации

U_0 , кВ	Уровень ЭР кавитации, $K_{\%}$							
	Номер схемы							
	1	1А	2	2А	3	3А	4	4А
17,5								
20,0	бэп	17	17	бэп	17	бэп	бэп	17
22,5	бэп	27	25	бэп	27	бэп	бэп	27
25,0	бэп	37	37	бэп	37	бэп	бэп	37

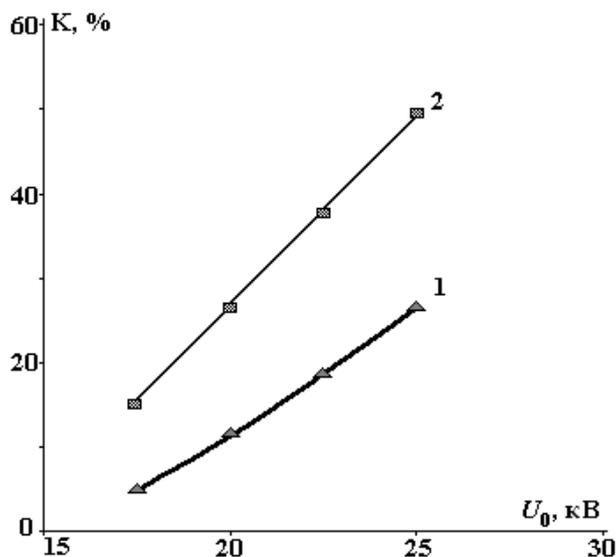


Рис.3. Влияние конструкции электродной системы на уровень ЭР кавитации ($K_{\%}$).
1 – электрод жестко закреплен, 2 – электрод подвижен

Исследовались две конструктивные схемы электродной системы: острие – неподвижная плоскость (жестко закрепленные электроды), и острие – подвижная плоскость (отрицательный электрод подпружинен).

Интенсивность ЭР кавитации для подвижной электродной системы при различных напряжениях конденсатора в 2,2 –3 раза выше, чем для жестко закрепленной.

Рассмотрено влияние концентрации солей в растворе на удельное сопротивление (ρ) среды. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Зависимость ρ растворов от концентрации солей KJ, NaCl, KJ + NaCl

Раствор	г/л	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	4,0	8,0
KJ	Ом·м	194	78	48	35	25	21,7	18,5	14,5	13,9	11,9	10,5	7,5	5,4	3,3	1,67
NaCl	Ом·м	120	62	32	15	13	10	8,4	7	6,5	5,7	5,2	3,4	2,5	1,4	0,8
Раствор 1,0 г/л KJ + (0,05–8,0 г/л) NaCl																
KJ+NaCl	Ом·м	19,8	18,3	15,5	12,5	12,0	10,7	9,25	8,45	8,12	7,10	6,80	5,25	4,17	2,35	1,40
Раствор 1,5 г/л KJ + (0,05–8,0 г/л) NaCl																
KJ+NaCl	Ом·м	14	13	12	11	10	9	8	7,2	7	6,3	6	4,6	3,8	2,2	1,3
Раствор 2,0 г/л KJ + (0,05–8,0 г/л) NaCl																
KJ+NaCl	Ом·м	11	10	9,7	8,2	7,8	7,3	6,6	6,2	5,9	5,6	5,3	4,4	3,5	2,4	1,4

Как видно из табл. 2, при добавлении в дистиллированную воду соли KJ удельное сопротивление раствора многократно снижается, и его значение при экспериментальных концентрациях от 0,5 до 1,5 г/л составляет от 21,7 до 7,5 Ом·м. Удельное сопротивление раствора достигает значений, соответствующих промышленным и обеспечивающих достаточное газовыделение в предпробойной стадии разряда для интенсивной ЭР кавитации в послеразрядной стадии и оценки уровня ЭР кавитации йодометрическим методом (по выделению J_2 из раствора KJ).

Рассмотрено влияние удельного сопротивления среды на интенсивность ЭР кавитации ($K\%$) при $U_0 = 22,5$ кВ. Результаты представлены на рис. 4.

С увеличением удельного сопротивления среды уровень ЭР кавитации возрастает.

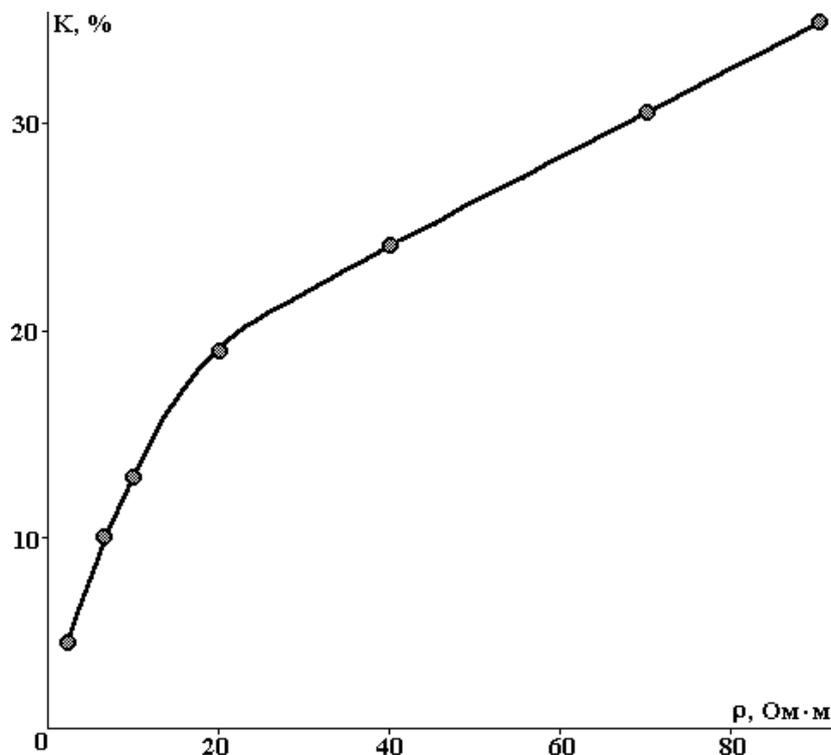


Рис. 4. Зависимость интенсивности ЭР кавитации ($K\%$) от удельного сопротивления среды

Рассмотрено влияние уровня среды ($H_{ур}$) над электродной системой на интенсивность ЭР кавитации при изменении напряжения конденсатора, камера расположена горизонтально, емкость конденсатора – 0,65 мкФ. Результаты представлены на рис. 5.

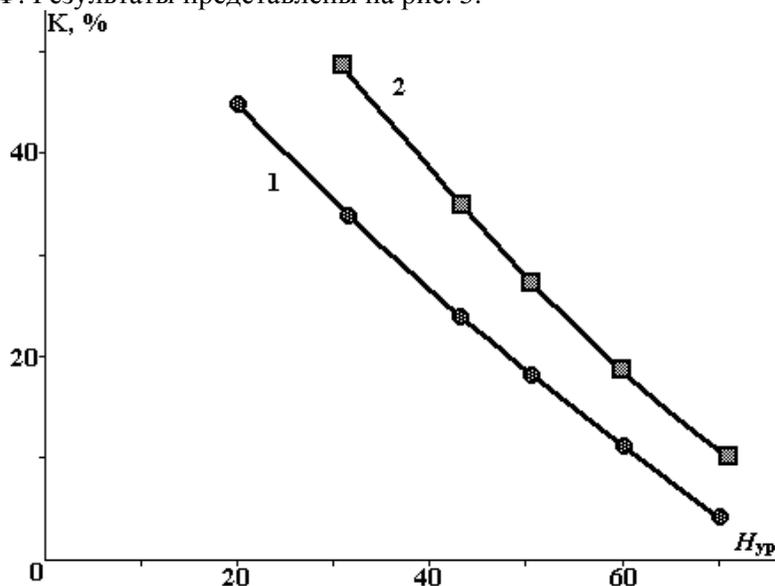


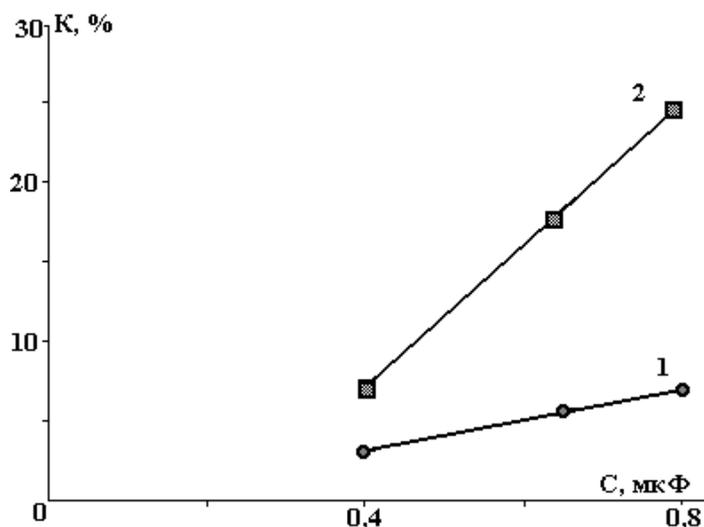
Рис. 5. Зависимость ЭР кавитации ($K\%$) от уровня среды ($H_{ур}$) над электродной системой..

1 – $U_0 = 22,5$ кВ, 2 – $U_0 = 25$ кВ

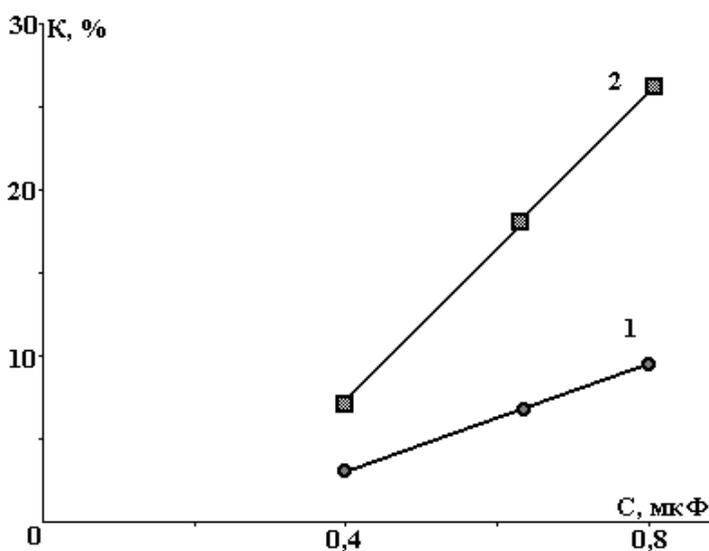
С увеличением напряжения уровень ЭР кавитации возрастает. С увеличением уровня жидкости над разрядным промежутком интенсивность ЭР кавитации уменьшается.

Влияние площади свободной поверхности среды (S) на интенсивность ЭР кавитации достаточно велико. При зафиксированном $H_{ур} = 50$ мм и варьировании напряжения заряда конденсатора это хорошо заметно.

При вертикальном расположении камеры площадь поверхности $S_B = 3,6$ дм², при горизонтальном $S_{Г} = 10,2$ дм². С увеличением площади свободной поверхности интенсивность ЭР кавитации возрастает в несколько раз. На рис. 6 представлена зависимость уровня ЭР кавитации от величины поверхности (зеркала) среды при вертикальном и горизонтальном расположении камеры.



а



б

Рис.6. Зависимость интенсивности ЭР кавитации от величины свободной поверхности среды при $U_0 = 22,5$ (а) и 25 кВ (б).

1 – вертикальное, 2 – горизонтальное расположение камеры

На рис. 7 продемонстрировано влияние количества разрядных импульсов на ЭР кавитацию при различных емкостях конденсатора. При увеличении количества разрядных импульсов и энергии уровень концентрации J_2 увеличивается, то есть наблюдается пропорциональная зависимость.

На рис. 8 представлены результаты влияния частоты следования разрядных импульсов f на интенсивность кавитации при $U_0 = 22,5$ кВ. С увеличением частоты разрядных импульсов интенсивность ЭР кавитации возрастает.

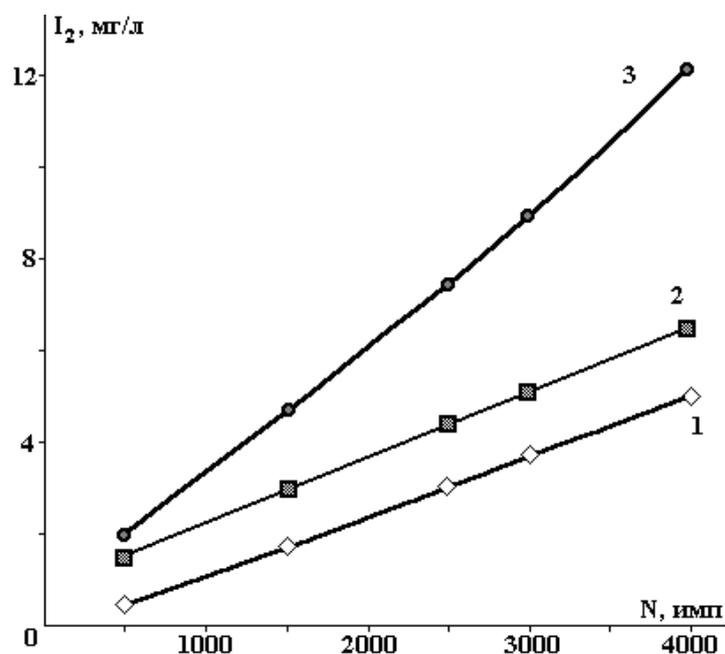


Рис. 7. Зависимость концентрации выделившегося I_2 от количества разрядных импульсов N .
 C , мкф: 1 – 0,25, 2 – 0,4, 3 – 0,8

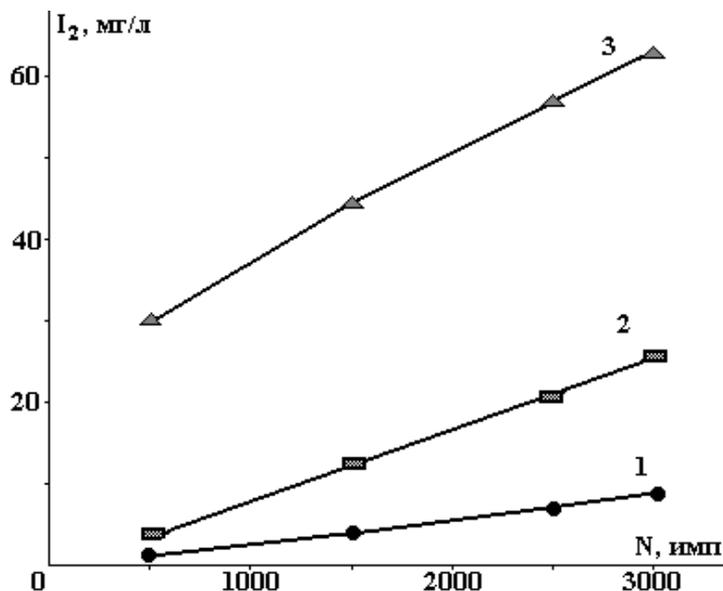


Рис. 8. Зависимость концентрации выделившегося I_2 от частоты следования импульсов.
 1 – 1 имп/с, 2 – 6 имп/с, 3 – 10 имп/с

Выводы

В результате исследований влияния различных факторов технологического процесса на интенсивность ЭР кавитации можно сделать следующие выводы:

- из исследованных 8 вариантов схем рекомендованы к применению для лабораторных исследований – схема 3, для использования в различных технологических процессах – схемы 2, 3;
- интенсивность ЭР кавитации повышается с увеличением: удельного сопротивления среды, энергии электрического разряда (напряжения, емкости), частоты следования разрядных импульсов, свободной поверхности среды.
- интенсивность ЭР кавитации уменьшается с увеличением уровня среды над электродом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ющипина А.Н., Малюшевский П.П. Интенсификация процессов окисления в технологиях водоочистки // Химия и технология воды. 1998. Т. 20. № 3. С. 306 – 310.

2. Малюшевский П.П., Юцишина А.Н., Малюшевская А.П. и др. Движение жидкости в водно-капиллярной системе при электро-разрядной делигнификации льноволокна в воде с использованием химреагентов // Электронная обработка материалов. 1998. № 4. С. 10 –19.
3. Унифицированные методы анализа вод / Под ред. Ю.Ю.Лурье. М., 1973.
4. Маргулис М.А. Основы звукохимии (химические реакции в акустических полях). М., 1984.
5. Юцишина А.Н., Малюшевский П.П., Смалько А.А. и др. Йодометрическое определение электроразрядной объемной кавитации // Электронная обработка материалов. 2002. № 3. С. 41 – 44.

Поступила 25.12.02

Summary

Influencing the schemes of a charge – discharge capacitor, members and parameters of the installations on intensity of an electrodigit cavitation is investigated. The application of an electrodischarge cavitation in manufacturing methods is shown.

И.А. Акимов^{*}, А.И. Акимов^{*}, М.А. Фатыхов^{**}

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ МНОГОСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ МЕТОДОМ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ

^{*}Уфимский государственный авиационный технический университет,
ул. К. Маркса, 12, Уфа-центр, 450000, Башкортостан, Россия

^{**}Башкирский государственный педагогический университет,
ул. Октябрьской революции, 3, Уфа-центр, 450000, Башкортостан, Россия

В современной промышленности широко используются композиционные материалы, изготавливаемые методом полимеризации. В работе рассмотрены проблемы, которые возникают при изготовлении изделий из многослойных конструкций в установках автоматического ведения технологического процесса (АВТП).

В процессе изготовления многослойных изделий из композиционных материалов тепло- и массообмен нередко связан с изменением агрегатного состояния тела или физико-химической природы материала. Теплофизические коэффициенты при этом изменяются скачкообразно.

Геометрия узла установки для получения композиционных материалов

На рис.1 приведена обобщенная геометрия узла для получения композиционных материалов. Пространство между матрицей-нагревателем (1), выполненной из теплопроводящего материала, и технологическим мешком (2) заполняется многослойной стеклотканью, пропитанной связующими, жидкими материалами (3). Полимеризация компонента осуществляется за счет нагревания его в электрическом поле по заданному температурному режиму, описанному ниже.

Температурный режим в установках автоматического ведения технологического процесса

Температурный процесс полимеризации разделяется на три этапа.

На первом этапе (в течение 1,5 – 2 ч) происходит повышение температуры изделия от начальной температуры среды до температуры 60⁰С, а затем под действием источников тепла с одновременным повышением давления в технологическом мешке до 9 – 10 кГ/см².

При достижении температуры $t_1 = 60^0\text{C}$ скорость изменения температуры понижается до нуля, и в течение 30 минут поддерживается постоянная температура (предварительный разогрев). В этот период происходит размягчение, уплотнение полимеризующейся массы, удаление воздушных пузырей и излишней влаги.