

при применении агрегатов АКП-4 и АКП-6 составил 1299,4 тыс.руб. и 7861,1 тыс.руб.

Кроме этого, еще большей эффективности от применения агрегатов АКП можно достичь при их использовании в составе комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов. В связи с этим в настоящее время РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработаны и проходят государственные испытания опытные образцы этих агрегатов со сменными пассивными и активными почвообрабатывающими рабочими органами, адаптированными к различным почвенным условиям республики. Конструкциями АКП-4 и АКП-6 предусмотрена возможность их применения в составе почвообрабатывающе-посевных агрегатов в комплектации с клиновидными катками.

Выводы

1. Анализ почвенно-климатических условий Беларуси, агротехнических требований к предпосевной обработке почвы и конструкций агрегатов показывает, что на легких (песчаных, супесчаных и легкосуглинистых) почвах высокого качества подготовки можно достичь орудиями с пассивными рабочими органами (типа АКШ). На тяжелых суглинистых и глинистых почвах лучшие пока-

затели эффективности достигаются применением орудий с активными рабочими органами (типа АКП).

2. Применение отечественных агрегатов на предпосевной обработке почвы сокращает себестоимость работ на 12-15%, что позволяет получить годовой приведенный экономический эффект равный 1299,4 тыс.руб. (АКП-4) и 7861,1 тыс.руб. (АКП-6).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ламан, Н.А. Потенциал продуктивности хлебных злаков: технологические аспекты реализации/ Н.А. Ламан, Б.Н. Янушкевич, К.И. Хмурец. – Минск: Наука и техника, 1987. – 224 с.

2. Обработка почвы при интенсивном возделывании полевых культур/ Т.Карвовский, И.Касимов, Б.Клочков [и др.]; пер. с польск. Н.А. Чупеева; под ред. и с предисл. А.С. Кушнарева. – М.: Агропромиздат, 1988. – 248 с.

3. Протокол №155-2006 приемочных испытаний опытного образца агрегата комбинированного почвообрабатывающего АКП-4. – Минск: ИЦ ГУ «Белорусская МИС», 2006. – 53 с.

4. Протокол №152-2006 приемочных испытаний опытного образца агрегата комбинированного почвообрабатывающего АКП-6. – Минск: ИЦ ГУ «Белорусская МИС», 2006. – 57 с.

УДК 699.86: 621.643 (075.8)

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 15.04. 2008

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПРЕДИЗОЛИРОВАННЫХ ТРУБ ДЛЯ ПРОКЛАДКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВНУТРИКВАРТАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Н.К. Зайцева, канд. техн. наук, доцент, К.Э. Гаркуша, канд. техн. наук, доцент, В.А. Коротинский, канд. техн. наук, доцент, Е.В. Хоткевич, студент, Н.П. Воробей, студент (УО БГАТУ)

Аннотация

Авторы статьи предлагают при прокладке внутриквартальных тепловых сетей применять гибкие предизолированные трубы ввиду их долговечности, сокращения сроков монтажа и уменьшения объем земляных работ.

Введение

Одним из основных пунктов программ по энергосбережению является использование в строительстве предизолированных труб, имеющих высокие теплотехнические характеристики. Выбор данной категории труб повышает надёжность работы тепловых сетей и их долговечность, а также сокращает сроки монтажа.

Наиболее подверженными коррозии являются распределительные внутриквартальные тепловые сети систем отопления и горячего водоснабжения. Металлические трубы, по которым транспортируется горячая вода, в некоторых районах Республики Беларусь из-за коррозии выходят из строя в течение 2-5 лет, поэтому внедрение современных наукоёмких

энергосберегающих технологий позволяет создать надёжную систему теплоснабжения с надлежащими тепловыми и гидравлическими характеристиками.

Основная часть

Предизолированные трубопроводы выпускаются трёх видов: с использованием внутренней стальной трубы (ПИ-трубы), внутренней трубы из сшитого полиэтилена ПЭ-Х (Изопрофлекс) и внутренней трубы из модифицированного полиэтилена ПЭ-С (Изопэкс). В качестве тепловой изоляции применяется пенополиуретан. Гидроизоляцией в трубах Изопрофлекс и Изопэкс служит гофрированная, а у ПИ-трубы – гладкая, полиэтиленовая оболочка. Все трубы имеют высокие теплотехнические и гидравлические качества, прокладываются бесканально.

ПИ-трубы используются для прокладки тепловых сетей, диаметром от 20 до 1200 мм, с температурой теплоносителя до 150 °С. Трубы Изопэкс работают в диапазоне температур до 90°С (кратковременно до 100°С) при давлении 0,6 и 1,0 МПа и выпускаются диаметром от 16 до 110 мм. Трубы Изопрофлекс имеют диаметры от 25 до 160 мм и прокладываются при теплоносителе с температурой до 95°С (кратковременно до 115°С) и давлением 0,6 и 1,0 МПа.

Если при прокладке ПИ-труб предусматривают компенсацию температурных удлинений, то трубы Изопрофлекс и Изопэкс являются самокомпенсирующимися, а повороты трассы осуществляют за счёт гибкости самих труб. В отличие от ПИ-труб полимерные трубы Изопрофлекс и Изопэкс имеют малый вес и поставляются на объекты длинномерными отрезками в бухтах, благодаря чему облегчается их транспортировка, и сокращаются сроки и стоимость монтажных работ.

Использование труб Изопрофлекс и Изопэкс позволяет при соблюдении условий монтажа и эксплуатации увеличить срок службы до 50 лет.

Сравним теплотехнические, гидравлические и технико-экономические характеристики рассматриваемых предизолированных трубопроводов.

Тепловой расчет

Тепловой расчёт трубопроводов при заданной конструкции тепловой изоляции проводится с целью определения тепловых потерь. Для этого по стандартной методике [1] рассчитывается термическое

сопротивление несущей трубы, покровного слоя, теплоизоляции и грунта.

На рис. 1 указано расположение труб в траншее.

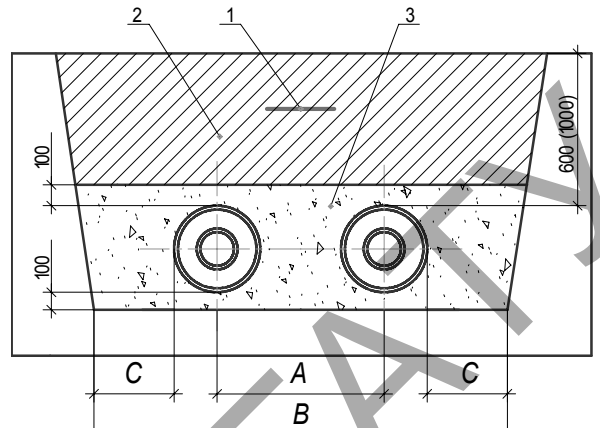


Рисунок 1. Расположение труб в траншее:
1 – сигнальная лента; 2 – засыпка грунтом;
3 – засыпка песком

Глубина заложения трубы принята 1м.

Температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах принята $\tau_1 = 65^\circ\text{C}$ и $\tau_2 = 50^\circ\text{C}$ соответственно [2], температура грунта на глубине залегания оси трубопровода – $t_{гр} = 5^\circ\text{C}$. Характерные размеры прокладки, регламентируемые техническими условиями производителей для разных типов труб, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Расстояние между трубами и размеры траншей

	dy, мм	A, м	B, м	C, м		dy, мм	A, м	B, м	C, м		dy, мм	A, м	B, м	C, м
	ИЗОПЭКС	ИЗОПРОФЛЕКС	ПИ-ТРУБА											
	12	0,370	0,66	0,1		20,4	0,275	0,75	0,2		25	0,240	0,93	0,3
	16	0,370	0,66	0,1		26,2	0,275	0,75	0,2		32	0,240	0,97	0,3
	20,4	0,370	0,66	0,1		32,6	0,275	0,75	0,2		40	0,260	0,97	0,3
	26,2	0,370	0,66	0,1		40,8	0,290	0,8	0,2		50	0,260	1	0,3
	32,6	0,370	0,66	0,1		40,2	0,290	0,8	0,2		65	0,275	1,03	0,3
	32,6	0,390	0,7	0,1		51,4	0,310	0,85	0,2		80	0,290	1,07	0,3
	40,8	0,390	0,7	0,1		50,4	0,310	0,85	0,2		100	0,310	1,15	0,3
	40,8	0,405	0,73	0,1		61,4	0,325	0,85	0,2		125	0,450	1,3	0,3
	51,4	0,405	0,73	0,1		60,6	0,325	0,85	0,2		150	0,500	1,35	0,3
	51,4	0,420	0,76	0,1		73,6	0,340	0,9	0,2		–	–	–	–
	61,4	0,420	0,76	0,1		98	0,360	0,95	0,2		–	–	–	–
	73,6	0,480	0,84	0,1		114,4	0,400	0,105	0,2		–	–	–	–
	90	0,480	0,84	0,1		129,6	0,425	0,11	0,2		–	–	–	–

Таблица 2. Определение теплотерь трубопроводов

	dy, мм	q1, Вт/м	q2, Вт/м		dy, мм	q1, Вт/м	q2, Вт/м		dy, мм	q1, Вт/м	q2, Вт/м	q1 ^{норм} , Вт/м	q2 ^{норм} , Вт/м
	ИЗОПЭКС	ИЗОПРОФЛЕКС	ПИ-ТРУБА										
	12	5,987	4,455		–	–	–		–	–	–	16,4	12,1
	16	6,833	5,071		–	–	–		–	–	–	16,9	12,6
	20,4	7,949	5,890		20,4	8,859	6,553		–	–	–	17,2	13
	26,2	9,692	7,161		26,2	11,199	8,253		25	10,545	7,772	18	13,5
	32,6	12,080	8,891		32,6	14,704	10,772		32	12,476	9,163	19,6	15
	40,8	12,403	9,123		40,8	15,615	11,429		40	12,111	8,907	21,4	16,3
	51,4	14,084	10,331		51,4	16,369	11,975		50	16,030	11,709	22	17
	61,4	15,360	11,243		61,4	17,756	12,967		65	20,448	14,830	25	19
	73,6	16,661	12,242		73,6	20,296	14,770		80	22,411	16,211	30,6	23,4
	90	24,145	17,564		98	23,455	16,998		100	25,236	18,184	33	25,2
	–	–	–		114,4	24,538	17,784		–	–	–	34,5	26,3
	–	–	–		129,6	25,708	18,620		125	24,753	17,971	36,6	27,6
	–	–	–		–	–	–		150	22,770	16,605	41,4	31,2

Таблица 3. Определение экономии тепловой энергии

ИЗОПЭКС	d _y , мм	эконом. q ₁ , %	эконом. q ₂ , %	ИЗОПРОФЛЕКС	d _y , мм	эконом. q ₁ , %	эконом. q ₂ , %	ПИ-ТРУБА	d _y , мм	эконом. q ₁ , %	эконом. q ₂ , %
		12	63,49		63,19		—		—	—	
	16	59,57	59,75		—	—	—		—	—	—
	20,4	53,78	54,69		20,4	48,50	49,59		—	—	—
	26,2	46,15	46,96		26,2	37,78	38,87		25	41,42	42,43
	32,6	38,37	40,73		32,6	24,98	28,19		32	36,35	38,91
	40,8	42,04	44,03		40,8	27,03	29,88		40	43,41	45,36
	51,4	35,98	39,23		51,4	25,59	29,56		50	27,14	31,12
	61,4	38,56	40,83		61,4	28,97	31,75		65	18,21	21,95
	73,6	45,55	47,68		73,6	33,67	36,88		80	26,76	30,72
	90	26,83	30,30		98	28,93	32,55		100	23,53	27,84
	—	—	—		114,4	28,88	32,38		—	—	—
	—	—	—		129,6	29,76	32,54		125	32,37	34,89
	—	—	—		—	—	—		150	45,00	46,78

Из табл. 1 видно, что при одинаковых диаметрах наименьший объём земляных работ характерен для гибких полиэтиленовых труб ИЗОПЭКС и ИЗОПРОФЛЕКС. Согласно [2] прием нормируемые значения теплопотерь с поправкой на коэффициент, учитывающий изменение норм плотности теплового потока при применении теплоизоляционного слоя из пенополиуретана. Проведём сравнение полученных результатов и определим экономию теплоты за счёт применения предизолированных труб по сравнению с трубами, имеющими нормируемые значения теплопотери. Результат расчёта сведём в таблицы 2 и 3.

Как следует из вышеприведенных таблиц, по теплотехническим характеристикам надо отдать предпочтение трубам ИЗОПЭКС, имеющим наименьшие теплопотери, хотя для всех труб характерны теплопотери ниже нормируемых [2].

Гидравлический расчет

При определении гидравлических характеристик труб ИЗОПРОФЛЕКС и ИЗОПЭКС удельные потери давления рассчитывались согласно рекомендациям [1], а для ПИ-труб – согласно справочным данным [2].

Во всех расчётах приняты: длина трубопровода 100 м, температура теплоносителя τ = 95 °С. Падение давления в трубопроводе, Па, определяется как:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{л}} + \Delta p_{\text{м}},$$

где Δp_л – линейное падение давления;

Δp_м – падение давления в местных сопротивлениях.

Так как при прокладке труб ИЗОПРОФЛЕКС и ИЗОПЭКС не требуется установки компенсаторов, то падение давления на рассматриваемом участке будет равняться линейной составляющей. Для ПИ-труб предусматриваем один сифонный компенсатор с местным сопротивлением Σξ = 0,3.

Коэффициент гидравлического трения можно выразить из формулы [3]:

$$R_{\text{л}} = 0,812 \cdot \lambda \cdot \frac{G^2}{d^5 \cdot \rho}, \quad \lambda = \frac{R_{\text{л}} \cdot d^5 \cdot \rho}{0,812 \cdot G^2},$$

где ρ – плотность воды, кг/м³ (при 10°С ρ = 1000 кг/м³, при 95 °С ρ = 965 кг/м³);

G – массовый расход воды, кг/с;

R_л – удельное линейное падение давления, Па/м.

Определим абсолютную эквивалентную шероховатость k_э, м, выражая её из формулы:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{k_{\text{э}}}{d}\right)^{0,25}, \quad k_{\text{э}} = \frac{\lambda^4 \cdot d}{0,15}.$$

Удельное гидравлическое сопротивление S_{уд}, Па·с²/(м·кг²):

$$S_{\text{уд}} = \frac{R_{\text{л}}}{G^2}.$$

Произведём гидравлический расчёт трубопроводов и его результат сведём в таблицы 4 и 5. В качестве примера рассмотрим трубы ИЗОПРОФЛЕКС и ИЗОПЭКС диаметром 75 мм, ПИ-трубы – диаметром 76,1 мм (в таблицах обозначен соответствующий диаметр условного прохода).

Таблица 4. Результаты гидравлического расчёта труб ИЗОПРОФЛЕКС и ИЗОПЭКС

d _y , мм	G, кг/ч	G, кг/с	R _л , Па/м при тем-ре		λ, при температуре		ΔP _л , Па при температуре		Kэ·10 ³ м, при температуре		S _{уд} (95°С) _э , Па·с ² /(м·кг ²)
			10	95	10	95	10	95	10	95	
61,4	5000	1,389	50	40	0,028	0,022	5000	4000	0,246	0,088	20,736
	10000	2,778	150	110	0,021	0,015	15000	11000	0,078	0,020	14,256
	15000	4,167	310	240	0,019	0,014	31000	24000	0,056	0,017	13,824
	20000	5,556	560	420	0,019	0,014	56000	42000	0,059	0,016	13,608
	25000	6,944	810	640	0,018	0,014	81000	64000	0,043	0,015	13,271
	30000	8,333	1120	900	0,017	0,013	112000	90000	0,037	0,013	12,960
	35000	9,722	1460	1220	0,017	0,013	146000	122000	0,031	0,013	12,907
	40000	11,111	1880	1570	0,016	0,013	188000	157000	0,029	0,012	12,717

Таблица 5. Результаты гидравлического расчёта ПИ-труб

d_y , мм	G, кг/ч	G, кг/с	$R_{л}$, Па/м	λ	$\Delta P_{л}$, Па	$l_{э}$, м	$\Delta P_{м}$, Па	ΔP , кПа	$K_{э} \cdot 10^3$, м	$S_{уд}$, Па·с ² /(м·кг ²)
65	1800	0,5	4,29	0,024	429	0,824	3,535	0,433	0,136	17,160
	2880	0,8	10,7	0,023	1070	0,846	9,051	1,079	0,122	16,719
	4320	1,2	23,9	0,023	2390	0,852	20,364	2,410	0,119	16,597
	6480	1,8	55,3	0,024	5530	0,829	45,819	5,576	0,133	17,068
	8640	2,4	98,3	0,024	9830	0,829	81,455	9,911	0,133	17,066
	10800	3	154	0,024	15400	0,826	127,274	15,527	0,134	17,111
	12960	3,6	221	0,024	22100	0,829	183,274	22,283	0,132	17,052
	18000	5	426	0,023	42600	0,830	353,538	42,954	0,132	17,040
	21600	6	614	0,024	61400	0,829	509,095	61,909	0,133	17,056

На основании расчетов можно сделать вывод, что по гидравлическим соображениям лучшими являются трубы Изопрофлекс и Изопэкс, т.к. у них при одном и том же расходе теплоносителя падение давления меньше, чем у ПИ-труб. В процессе расчёта для труб Изопрофлекс и Изопэкс были определены значения абсолютной эквивалентной шероховатости, которые в настоящий момент отсутствуют в справочной литературе. Следует отметить, что коэффициент эквивалентной шероховатости практически на порядок ниже, чем у ПИ-труб.

Технические, экономические и эксплуатационные преимущества систем гибких трубопроводов перед традиционными ПИ-трубами

Согласно данным СООО «Бел ЕвроТрубПласт», гибкие полиэтиленовые трубы Изопрофлекс имеют следующие преимущества по сравнению с металлическими ПИ-трубами:

1. Согласно статистике аварийных случаев, при использовании в Европе и России случается одно повреждение в год на 95 км трубопровода, тогда как на существующих сетях из ПИ-труб – 20-30 поврежденных на 100 км.

Сравнительный анализ сметной стоимости объекта и сроков монтажа трубопроводов отопления при применении гибких труб и стальных предизолированных труб. Длина теплотрассы – 1000 м

Сметная стоимость работ и срок монтажа трубопроводов, млн руб.		Гибкая труба Ø63/110	ПИ-труба Ø57/125
		Длина трассы - 1000 м	
МАТЕРИАЛЫ	Стоимость только трубы	115,038200	47,200000
	Общая стоимость материалов	115,398000	76,589932
СТОИМОСТЬ ВИДОВ РАБОТ	Земляных работ	18,300000	32,560000
	Монтажа	2,891886	29,977286
ОБЩАЯ СТОИМОСТЬ		136,589886	139,127218
ПРИВЕДЕННАЯ СТОИМОСТЬ НА ГОД ЭКСПЛ.		2,731798	5,565089
СРОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ (1 БРИГАДА)		8 дней	45 дней

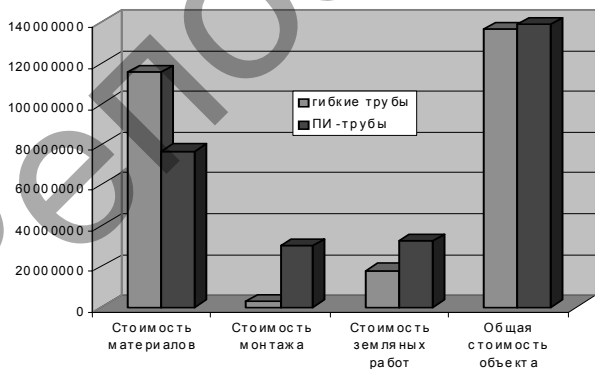


Рисунок 2. Сравнительная характеристика стоимости материалов и видов работ для рассматриваемых труб (руб.) [4]

2. Срок эксплуатации трубопроводов Изопрофлекс составляет не менее 50 лет, а металлических труб горячего водоснабжения – 5-15 лет.

3. Скорость монтажа труб Изопрофлекс в 5-10 раз выше, чем металлических. Система позволяет производить замену трубопровода с отключением потребителя за 2-3 часа, что даёт возможность ремонтировать сети в любое время года.

4. Объём земляных работ для гибких труб в несколько раз меньше, чем у ПИ-труб, за счет исключения операций по устройству компенсаторов и опор; стоимость монтажа в 5-10 раз ниже. Ремонтно-эксплуатационные расходы сокращаются в 2-3 раза, затраты на благоустройство в 3-4 раза ниже.

5. Трубы Изопрофлекс самокомпенсирующиеся, не подвержены внешней и внутренней коррозии, их пропускная способность сохраняется в течение всего срока эксплуатации.

6. Годовые приведенные эксплуатационные затраты примерно в 2-7 раз ниже, чем у традиционных ПИ-труб. Теплотери составляют менее 2% (статистика Европы).

Сравнительная характеристика стоимости материалов и прокладки трубопровода с учётом срока эксплуатации представлены на рис. 2 и 3.

Заключение

Проведённые исследования предизолированных труб показали, что в системе теплоснабжения согласно тепловому расчёту целесообразнее применять трубы Изопэкс, т.к. они обладают наименьшими тепловыми потерями. Однако следует отметить, что согласно СНиП [3] теплотери для всех вышеприведённых труб не выходят за нормативные значения. По гидравлическим показателям трубы Изопэкс и Изопрофлекс имеют преимущество перед ПИ-трубой,

т.к. при одном и том же расходе теплоносителя они имеют меньшее падение давления, что ведёт к уменьшению расходов электроэнергии на транспортировку теплоносителя.

Технико-экономическое сравнение показало, что, несмотря на значительно меньшую стоимость отдельно взятой металлической ПИ-трубы, общая стоимость проекта её прокладки выше, чем при использовании гибких труб.

В процессе расчётов были найдены значения абсолютной эквивалентной шероховатости гибких труб, данные по которым в настоящий момент отсутствуют в справочной литературе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Копко, В.М. Тепловая изоляция трубопроводов теплосетей: уч.-метод. пособ./ В.М. Копко. – Минск: Технопринт, 2002. – 172 с.
2. Справочник по теплоснабжению сельского хозяйства/ Л.С. Герасимович, А.Г. Цубанов, Б.Х. Драганов, А.Л. Синяков [и др.]. – Минск: Ураджай, 1993. – 368 с.
3. СНиП 2.04.14 – 88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. – Москва, 1989. – 28 с.

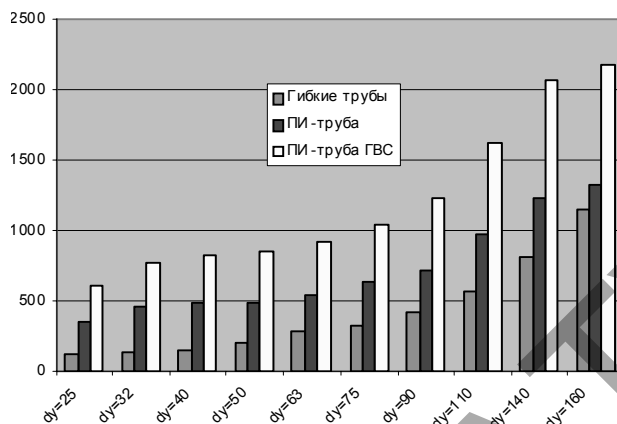


Рисунок 3. Стоимость прокладки трубопровода с учётом срока эксплуатации, у.е./год [4] (расчётный срок службы ПИ-трубы – 25 лет, гибкой – 50 лет)

4. Технические рекомендации по проектированию и бесканальной прокладке трубопроводов из гибких ПЭ-С (РЕХ-А) труб с теплоизоляцией из пенополиуретана в гофрированной полиэтиленовой оболочке: изд. 3-е. – Санкт-Петербург, 2004. – 32 с.

УДК 664.282

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 27.06.2007

ИЗМЕНЕНИЕ ВОДОРОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ pH ВО ВРЕМЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ КАРТОФЕЛЬНОГО КРАХМАЛА

З.В. Ловкис, докт. техн. наук, профессор, генеральный директор, В.В. Литвяк, канд. хим. наук (РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию»); М.П. Купчик, докт. техн. наук, профессор, Е.В. Ребенок, аспирант (Украинский Национальный университет пищевых технологий)

Аннотация

Исследовано изменение водородного показателя pH при электрохимическом окислении крахмала. Установлено, что электрохимическая обработка картофельного крахмала способствовала снижению уровня pH, особенно в первые 3 минуты. При увеличении силы тока отмечалось более интенсивное понижение водородного показателя. Уменьшение pH анолита обусловлено образованием неорганических кислот в растворе и образованием кислотных (карбоксильных) групп в крахмале.

Введение

Физико-химические свойства нативного крахмала во многом зависят от особенностей крахмалсодержащего сырья и не всегда соответствуют требованиям потребителей. В настоящее время применяют различные способы целенаправленного изменения свойств крахмала [1-3]. Одним из перспективных является электрохимическая модификация крахмала [4]. На изменение свойств крахмала во время модификации оказывает влияние и водородный показатель pH.

Цель работы – исследование изменения водородного показателя pH при электрохимическом окислении крахмала.

Объект и методы исследования

Нативный картофельный крахмал производства ЧМП «Вимал» г. Чернигова (Украина) согласно ГОСТ 7699-78 [5] подвергался электрохимической обработке при прокачивании крахмальной суспензии через электролизер. Принципиальная схема установки для электрохимической модификации показана на рис. 1. Основным элементом установки – электролизер, в котором ионообменной мембраной разделяется анодное и катодное пространство. В качестве анолита выступала 30%-ая крахмальная суспензия, в качестве католита – 2%-ый раствор NaCl. Электрохимическая обработка проводилась в течение 0,1–55,0 мин. при