

УДК 621.778.1.016-426:669.587.002.237

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ГОРЯЧЕГО ЦИНКОВАНИЯ ПРОВОЛОКИ НА КАЧЕСТВО ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Лысакова О.А.

МГТУ им. Г.И. Носова

Кафедра «Металлургических и машиностроительных технологий»

Научный руководитель: д.т.н., проф. Чукин М.В.

После запуска в эксплуатацию агрегата горячего цинкования Fib в 2005г. его промышленное использование в условиях СПО-2 ОАО «ММК-МЕТИЗ» выявило ряд технических и технологических проблем, проявляющихся в отклонении некоторых регламентируемых стандартами показателей качества оцинкованной проволоки от предельных значений. В связи с этим задачами данного исследования является построение структуры качества оцинкованной проволоки по ГОСТ 9850-72, анализ ее показателей на предмет определения степени отклонения от уровня данных показателей качества, регламентированного нормативной документацией, и выявление параметров процесса цинкования, оказывающих влияние на данные показатели качества. Основной целью проводимого исследования является разработка модели управления качеством оцинкованной проволоки, что позволит получить наилучшие значения параметров управления процессом цинкования.

Исследования проводились методом математической статистики с применением программного обеспечения Microsoft Excel с построением гистограмм вероятностного распределения показателей качества. В качестве исходной информации использовался числовой массив данных замера СПО-2 ОАО «ММК-МЕТИЗ» уровня достигаемых свойств оцинкованной проволоки за 2005г. и октябрь-декабрь 2007г.

В ходе эксплуатации агрегата с целью снижения процента брака и экономии цинка был проведен ряд мероприятий по улучшению работы линии. В связи с этими мероприятиями возникла необходимость повторить исследования, проведенные в 2005г., с целью сравнения показателей качества получаемой продукции и выявления проблемных параметров процесса и показателей качества получаемой проволоки.

Проведенный анализ нормативной документации на проволоку, полученную методом горячего цинкования, показал, что все показатели качества можно сгруппировать по четырем основным блокам, а именно: механические; геометрические; физико-химические и специальные. В нормативной документации (ГОСТ 9850-72) оговорены такие основные показатели качества, как временное сопротивление σ_B , напряжение при однопроцентном удлинении E , относительное удлинение δ , поверхностная плотность цинка и диаметр готовой проволоки D . Таким образом, можно составить структуру качества оцинкованной проволоки по стандарту (рис. 1).

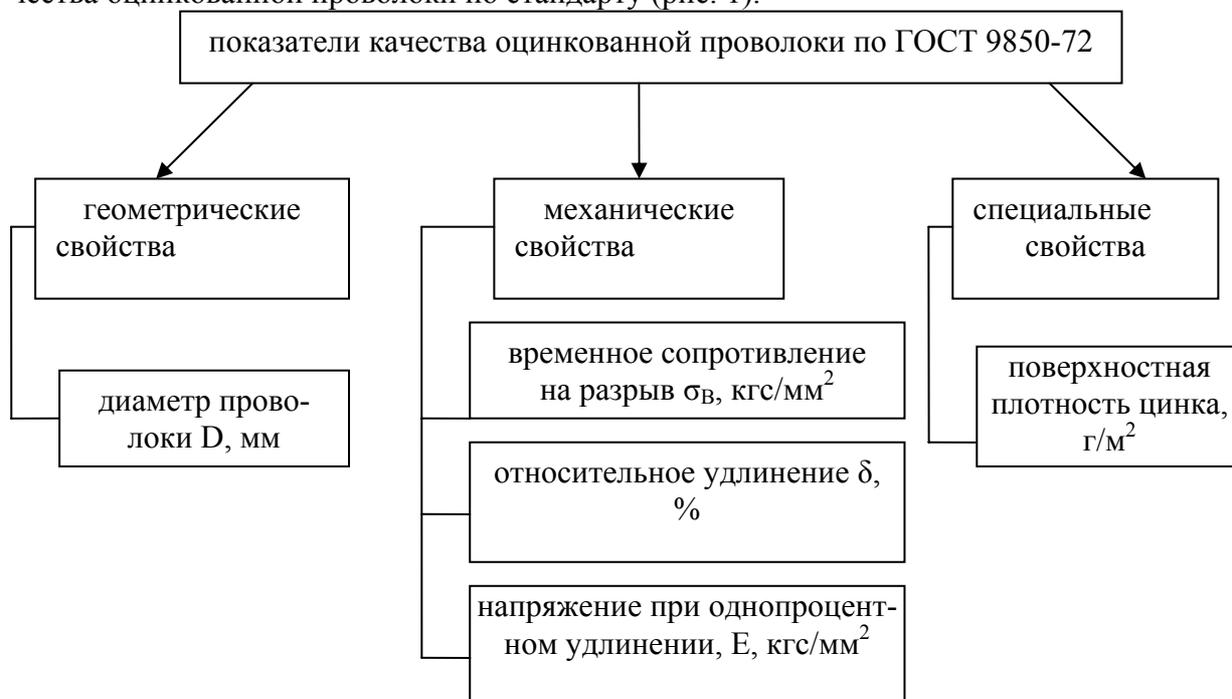


Рис.1. Структура качества оцинкованной проволоки по ГОСТ 9850-72

Нормативные значения показателей качества оцинкованной проволоки, регламентированные в ГОСТ 9850-72, представлены в табл. 1.

Исследование базировалось на систематизации статистических данных для проволоки наиболее часто производимых диаметров: 1,85мм, 2,1мм, 2,3мм, 2,8мм, 3,05мм, 3,2мм, 3,8мм и 4,5мм. Были рассмотрены основные показатели качества оцинкованной проволоки, регламентированные в нормативной документации.

Фактические данные по значениям показателей качества, полученные из журнала статистики за октябрь-декабрь 2007г., были сгруппированы по значениям диаметра проволоки. Значения каждого показателя качества сформированы в диапазоны, для которых рассчитывался статистический процент получения продукции с такими значениями соответствующих параметров.

По полученным статистическим данным с помощью программного обеспечения Microsoft Excel были построены гистограммы статистического распределения показателей качества для каждого диаметра проволоки с выделением областей значений показателей качества, регламентируемых стандартами (заштрихованные диапазоны) и допусками 20-30% (диапазоны выделены двойной штриховкой) по поверхностной плотности цинка, установленным с целью снижения расхода цинка. Результаты таких исследований для образцов проволоки диаметром 3,2мм представлены на рис. 2, для остальных образцов произведен аналогичный анализ, результаты которого представлены в табл. 2.

С целью выявления степени отклонения показателей качества проволоки от требований стандартов для проволоки каждого диаметра рассчитывалось количество значений, не соответствующих нормам стандартов и допусков по каждому показателю качества, по отношению к общему количеству рассматриваемых образцов в процентном соотношении (см. табл. 2).

Табл.1. Нормативные значения основных показателей качества оцинкованной проволоки по ГОСТ 9850-72

Диаметр проволоки, мм	Временное сопротивление, кгс/мм ²	Напряжение при 1%-ном удлинении, кгс/мм ²	Относительное удлинение, %	Поверхностная плотность цинка, г/м ²
2,1	не менее 148	не менее 134	не менее 2,5	не менее 80
2,8	не менее 144	не менее 131	не менее 3,0	не менее 100
3,2	не менее 144	не менее 126	не менее 3,0	не менее 100

Табл.2. Степень отклонения показателей качества оцинкованной проволоки от требований нормативной документации

диаметр проволоки	процент отклонения от ГОСТ 9850-72			процент отклонения от допуска по Zn		
	временное сопротивление, кгс/мм ²	напряжение при 1%ом удлинении, кгс/мм ²	относительное удлинение, %	поверхностная плотность Zn		
					допуск 30%	допуск 20%
1,85	0,00	13,20	0,00	1,92	78,85	94,23
2,1	0,00	0,00	0,00	2,94	47,07	73,54
2,3	0,00	0,00	0,00	0,00	70,60	94,12
2,8	0,00	0,00	0,00	0,00	27,28	36,37
3,05	0,00	0,00	0,00	21,05	41,68	50,01
3,2	0,00	10,52	0,00	28,57	47,37	52,63
3,8	0,00	3,03	3,03	0,00	42,43	72,73
4,5	0,00	0,00	0,00	0,00	87,50	87,50

По полученным данным были построены гистограммы статистического распределения отклонения основных показателей качества оцинкованной проволоки от требований нормативной документации и допусков (рис. 3). На графиках отклонения значений поверхностной плотности цинка от допусков 20% и 30% можно выделить две группы проволоки по диаметру – тонкая проволока (d 1,85мм, 2,1 мм и 2,3 мм), для нее степень отклонения имеет экстремальный характер с минимумом при диаметре 2,1 мм, и толстая (d 2,8мм, 3,05мм, 3,2мм, 3,8мм и 4,5мм), в этом случае отклонение имеет возрастающий характер, т.е. чем толще проволока, тем больше отклонений от нормативных значений и допусков. На графике отклонения поверхностной плотности цинка от стандартных значений можно выделить диаметры проволоки, на которых наблюдается отклонение от требований ГОСТа. Эти диаметры самые проблемные – 1,85мм в группе тонких проволок и 3,05мм и 3,2мм – в группе толстых проволок.

Результат данного этапа исследования для наглядности изображен в виде гистограммы на рис. 4. На данном графике отражено суммарное распределение отклонения от стандарта по каждому из показателей качества по всем диаметрам проволоки. Он построен с целью определения наиболее проблемного показателя качества. Таким показателем является поверхностная плотность цинка, особенно при допуске 20%.

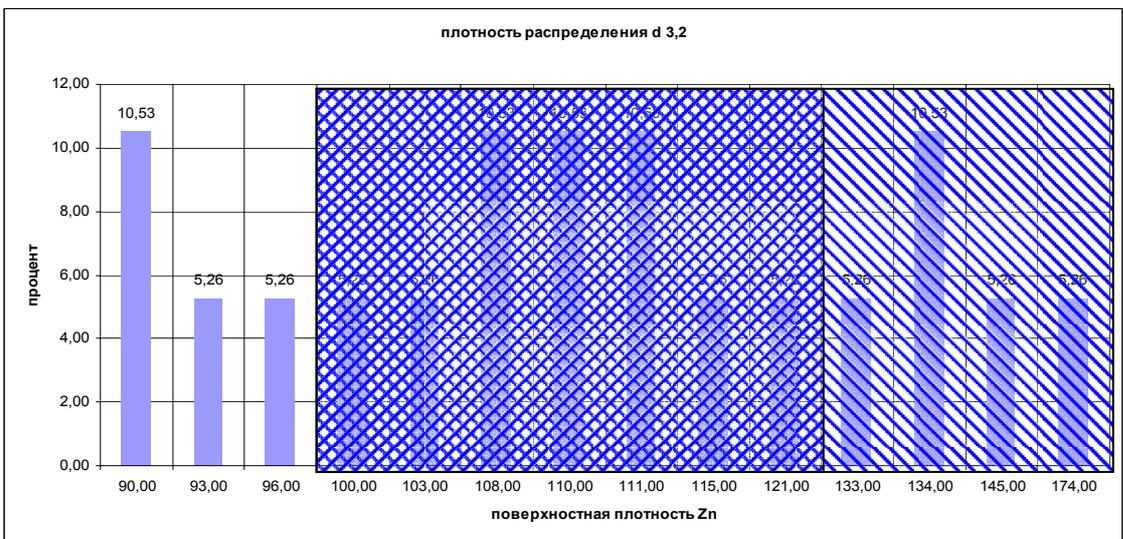
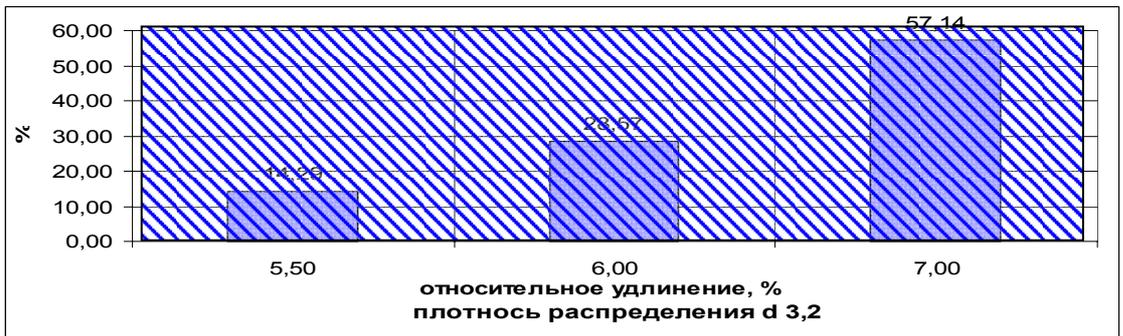
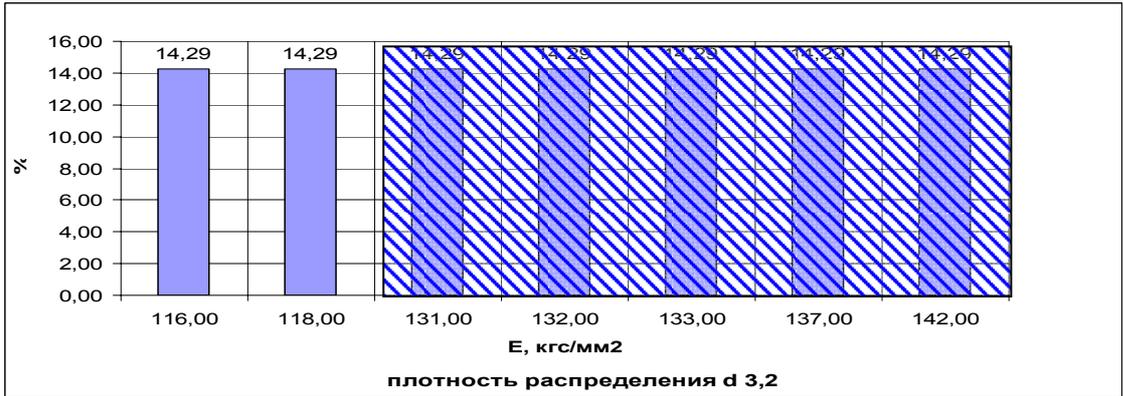
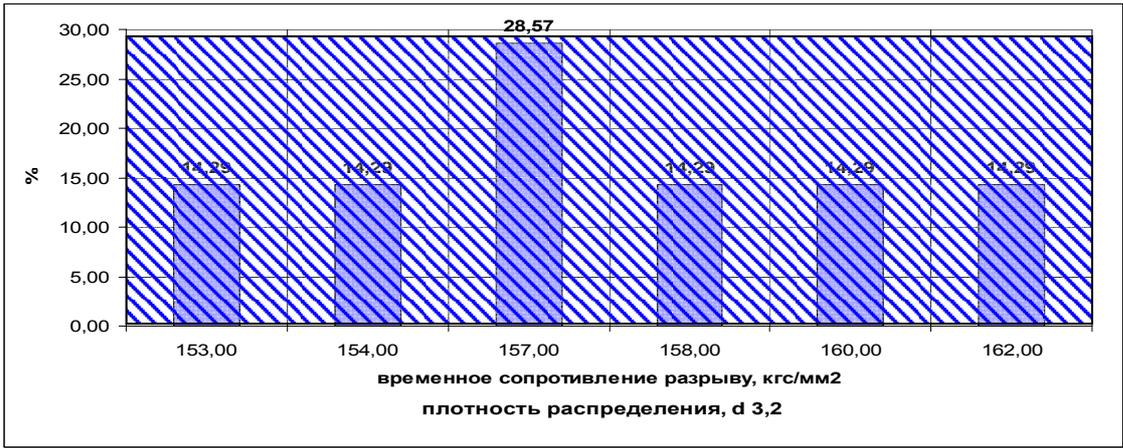


Рис.2. Статистическое распределение показателей качества для проволоки диаметром 3,2 мм.

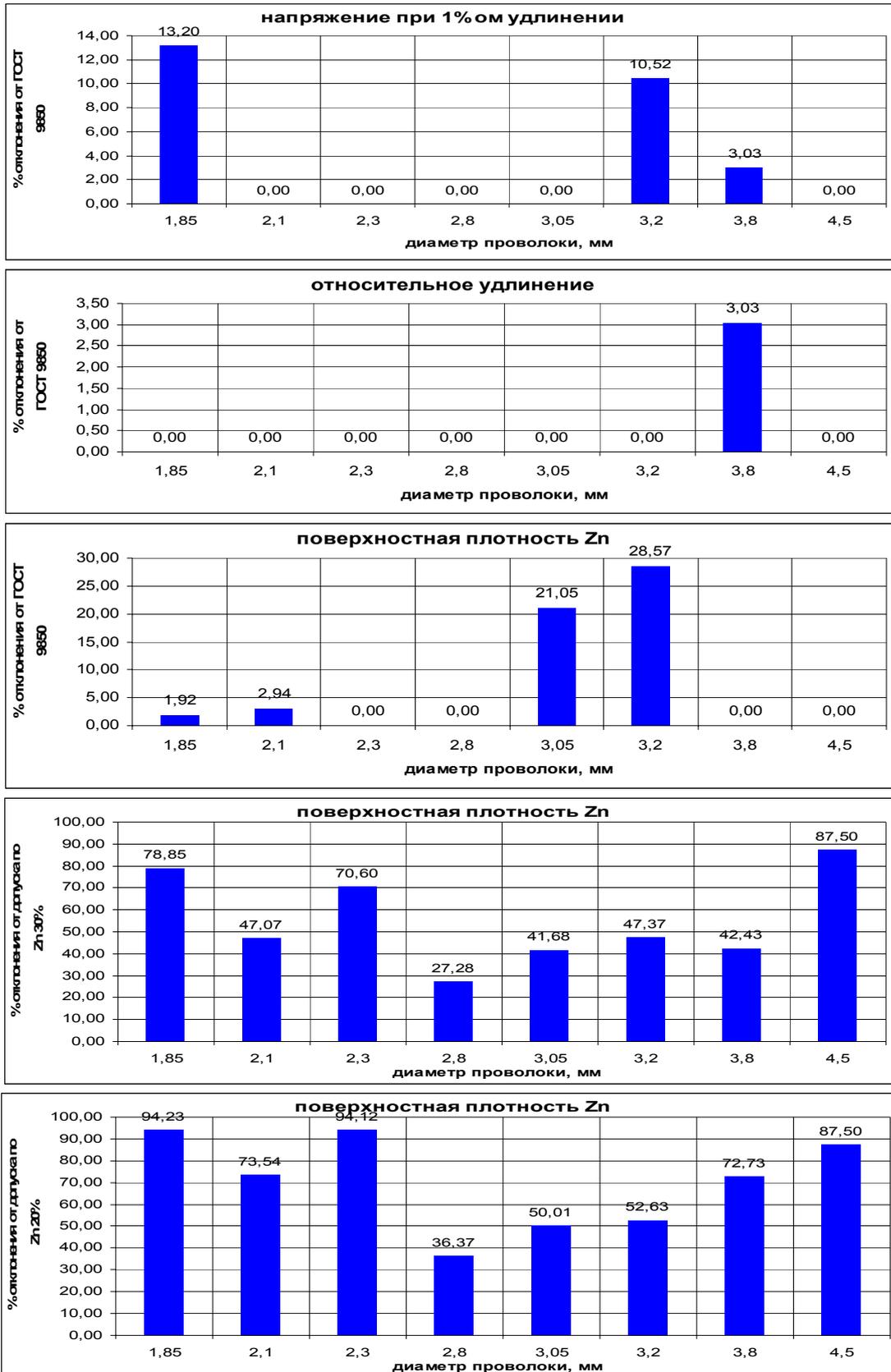


Рис.3. Суммарное отклонение показателей качества от нормативных значений по диаметрам образцов



Рис.4. Результаты исследования отклонений показателей качества проволоки от требований нормативной документации

Проведя данный этап исследования, можно сделать вывод о том, что в дальнейшие исследования необходимо проводить с точки зрения поверхностной плотности цинка, при этом следует уделять особое внимание проволоке диаметром 1,85мм, 3,05мм, 3,2мм и 4,5мм.

Как отмечалось ранее, наиболее проблемным показателем качества продукции является поверхностная плотность цинка. Исходя из этого, было принято решение о дальнейшем анализе значений поверхностной плотности цинка.

С помощью однофакторного дисперсионного анализа ПО Microsoft Excel выявлены рабочие параметры процесса, имеющие влияние на поверхностную плотность цинка проволоки каждого диаметра. Результаты дисперсионного анализа представлены в табл. 3.

Табл.3. Результаты однофакторного дисперсионного анализа

параметр\d	1,85	2,10	2,30	2,80	3,05	3,20	3,80	4,50
скорость	-	-	-	+	+	+	+	-
t Pb	-	+	-	+		-	-	+
t травления	-	+	+	+	+	+	+	-
t флюса	-	-	-			-	-	-
t сушки	-	+	-	-	+	+	+	+
t Zn	-	+	-	+	+	+	+	+
t воска	-	-	+	+		+	+	-
уровень Zn	+	+	+				+	+

«+» - параметр оказывает влияние на поверхностную плотность цинка;

«-» - параметр не оказывает влияния на поверхностную плотность цинка;

По статистическим данным, полученным из журнала наблюдений, построены точечные графики зависимости поверхностной плотности цинка от каждого рабочего параметра процесса и аппроксимирующие линии Тренда для этих графиков. На рис. 5 представлены такие графики для образцов диаметром 2,8мм., аналогичная работа была проведена для каждого диаметра проволоки.

Уравнения аппроксимации в данном случае представляют собой линейную зависимость вида $y=ax+b$, при этом, как известно, коэффициент a равен значению тангенса угла наклона линии, соответственно, по значению этого коэффициента можно оценить степень влияния определенного параметра на поверхностную плотность цинка. Полученные значения углов представлены в табл. 4.

Сравнивая результаты, представленные в табл. 3 и табл.4, однозначно можно говорить о влиянии на поверхностную плотность цинка таких рабочих параметров как скорость проволоки, температура травления, температура цинка и уровень расплава цинка в ванне. Иначе говоря, на основной показатель качества влияют не только параметры, отвечающие за состояние расплава цинка, но и за состояние поверхности проволоки и скорость ее прохождения через расплав Zn.

Табл.4. Углы наклона линий аппроксимации графиков зависимости поверхностной плотности Zn от рабочих параметров процесса.

параметр/d	1,85	2,10	2,30	2,80	3,05	3,20	3,80	4,50
скорость	1,159	-1,091	0,405	-1,230	-1,452	-1,131	-1,152	-1,150
t Pb	0,470	0,788	0,043	1,362	1,567	-1,231	-0,148	0,619
t травления	-0,602	-0,004	0,044	-0,689	1,119	-0,926	0,785	-0,318
t флюса	-1,008	-1,264	0,363			1,518	0,752	0,785
t сушки	-0,184	-1,319	-0,116	-0,897	-0,506	1,513	1,438	1,006
t Zn	-0,333	0,704	-0,678	1,080	-1,392	0,918	0,863	-0,566
t воска	-0,173	0,450	-1,158	-1,202		0,947	0,928	-1,131
уровень Zn	-0,278	0,125	0,617			0,430	0,139	0,824

- существенное влияние
 - среднее влияние

Аналогичные описанному исследованию были проведены в 2005г. после установки и пуска агрегата. Сравнивая полученные данные, можно сделать выводы о том, что процент брака значительно снизился, так в 2005 году суммарное отклонение по поверхностной плотности цинка по всем диаметрам проволоки составляло 33,37%, в то время как в 2007г. – всего 4,28%, существенное улучшение наблюдается и по другим показателям качества. Это говорит об эффективности проведенных мероприятий по улучшению качества готовой продукции.

По результатам рассмотрения графиков зависимости поверхностной плотности цинка от рабочих параметров процесса в 2005г. были выделены скорость проволоки и температура расплава цинка, что совпадает с результатами исследования 2007г.

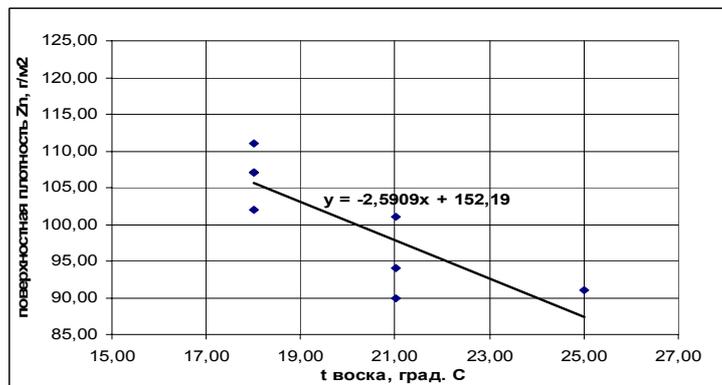
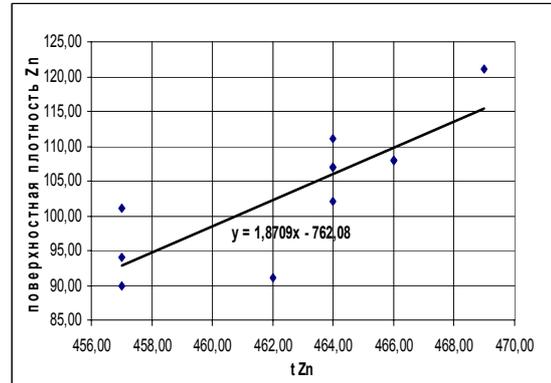
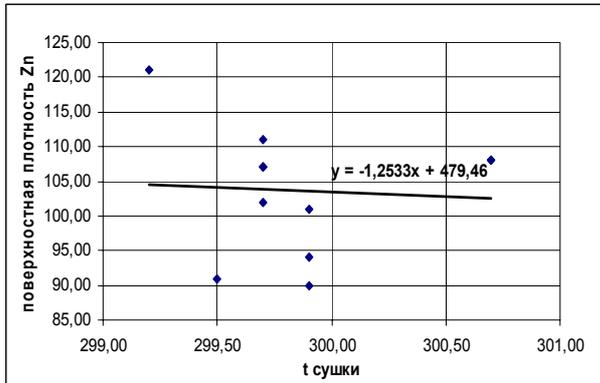
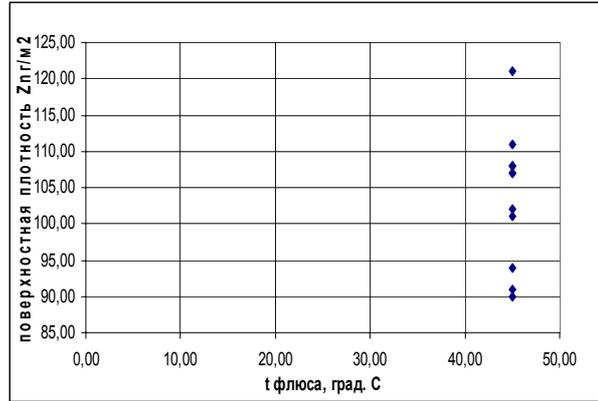
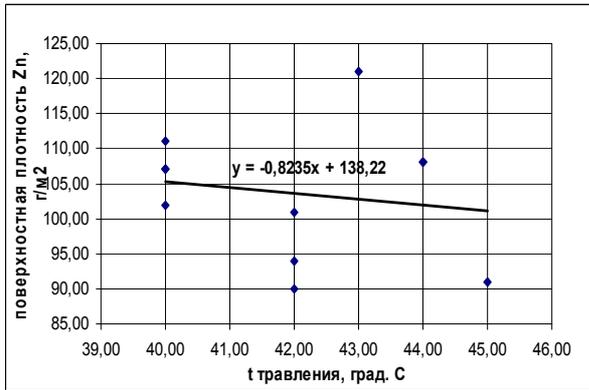
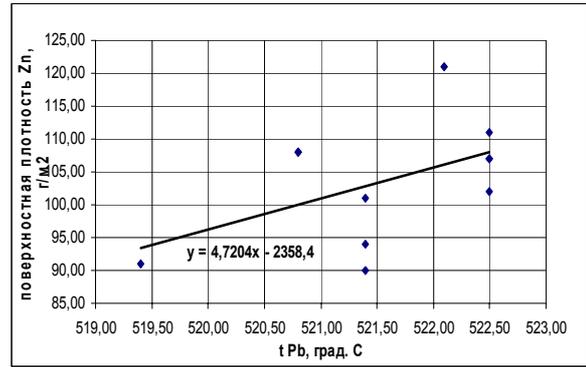
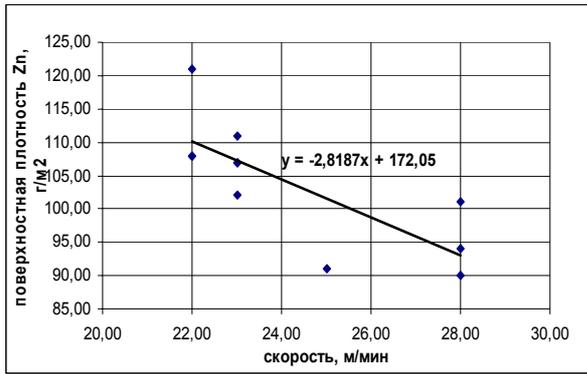


Рис.5.Графики зависимости поверхностной плотности цинка на проволоке диаметром 2,8мм от каждого из рабочих параметров процесса с линиями аппроксимации.

Вывод

Из проведенного исследования можно сделать вывод о том, что, несмотря на значительное улучшение качества оцинкованной проволоки по сравнению с 2005г., проблемы, связанные с отклонением показателей качества от стандартных значений, существуют и выражаются в основном в отклонении значений поверхностной плотности цинка. Кроме того, значительное внимание следует уделить отклонениям от допусков по значениям поверхностной плотности цинка, т.к. процент отклонения очень велик (так при допуске 30% суммарный процент отклонения по всем диаметрам составляет 57,75%, а при допуске 20% - 75,91%). Снижение степени отклонения от допусков приведет к существенной экономической выгоде за счет резкого снижения расхода цинка. В связи с существующими проблемами необходимо провести дальнейшие исследования с помощью математических или физических моделей с целью установления ограничений на основные влияющие параметры процесса (скорость проволоки, температура травления, температура и уровень расплава цинка).



Рис.6. Функциональная блок-схема решения задачи повышения качества продукции

Исходя из проведенного статистического анализа влияния параметров управления процессом горячего цинкования проволоки на качество готовой продукции, была разработана и предложена функциональная блок-схема решения задачи повышения качества оцинкованной проволоки представлена на рис. 6.

В данном случае из всех возможных методов управления качеством продукции выбирается технологический метод, который осуществляется за счет оптимизации параметров управления процессом цинкования. Основные показатели готовой проволоки, регламентируемые нормативной документацией, составляют комплексный показатель качества, который необходимо регулировать параметрами управления. Исходя из соот-

ветствия параметров управления определенным значениям комплексного показателя качества, вырабатывается модель управления качеством оцинкованной проволоки, что приведет к оптимизации процесса цинкования.