

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Е. П. Шаплыгин, А. С. Агафонцев, А. В. Мушин

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Введение

Целью данной работы является оптимизация производственного процесса, увеличение объемов производства и снижение себестоимости изготовления химических источников тока (ХИТ) в РФЯЦ-ВНИИЭФ с применением инструментов производственной системы Росатома (ПСР) и технического перевооружения производственной базы.

Краткая характеристика конструкции ХИТ

РФЯЦ-ВНИИЭФ производит ХИТ двух видов: ампульные, тепловые.

Конструкция ампульного ХИТ (АХИТ), рис. 1, основана на раздельном хранении электролита в ампуле сифонного типа и электродных секций. Электродные секции изготовлены на основе лития, разделенных герметично между собой специальной мембраной, которая при задействовании ХИТ разрезается специальным устройством, обеспечивая вытеснение электролита в электродные секции в результате сжатия сифона под действием газа, вырабатываемого газогенератором. При химическом взаимодействии лития и электролита на силовых контактах источника тока появляется электрический потенциал.

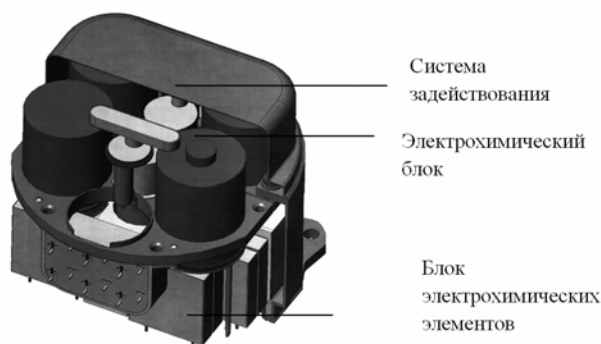


Рис. 1. Конструкция АХИТ

Конструкция теплового ХИТ (ТХИТ), рис. 2, основана на хранении компонентов электрохимического элемента, состоящего из катода, электролита и анода, в твердом состоянии, не взаимодействующих химически при нормальных условиях. При разогреве электрохимического элемента (ЭХЭ) до рабочей температуры

600 °С от пиротехнических нагревателей происходит переход компонентов ЭХЭ в состояние ионной проводимости с последующей химической реакцией между литием и хлором и появлением электрического потенциала на силовых выводах ТХИТ, при этом время работы ТХИТ определяется падением рабочей температуры до состояния перехода компонентов ЭХЭ в твердое состояние и на порядок меньше времени работы АХИТ.

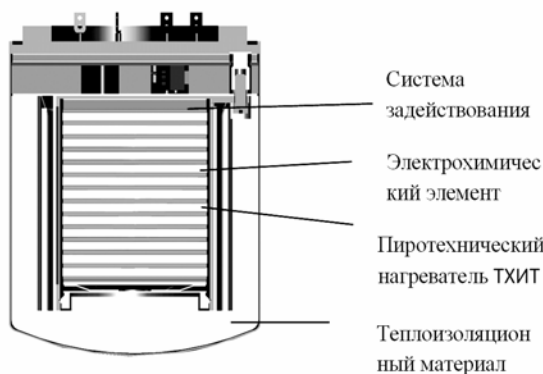


Рис. 2. Конструкция ТХИТ

Основные технологические пределы производства ХИТ

Для изготовления деталей, составных частей и окончательной сборки ХИТ применяются 2024 технологических процессов, в т.ч.:

- входной контроль материалов, химических компонентов;
- конструкторское сопровождение;
- изготовление деталей и составных частей ХИТ (комплектующих);
- изготовление порошка титана;
- проведение контрольных испытаний;
- сборка и проведение приемо-сдаточных испытаний (ПСИ) ХИТ;
- аттестация ПТС.

В производстве ХИТ в РФЯЦ-ВНИИЭФ задействованы завод ВНИИЭФ – головной изготовитель и подразделения-соисполнители, рис. 3 и рис. 4.

Завод ВНИИЭФ осуществляет изготовление деталей сборочных единиц (ДСЕ), сборку, пооперационный и окончательный контроль ХИТ с предъявлением их представителю заказчика.

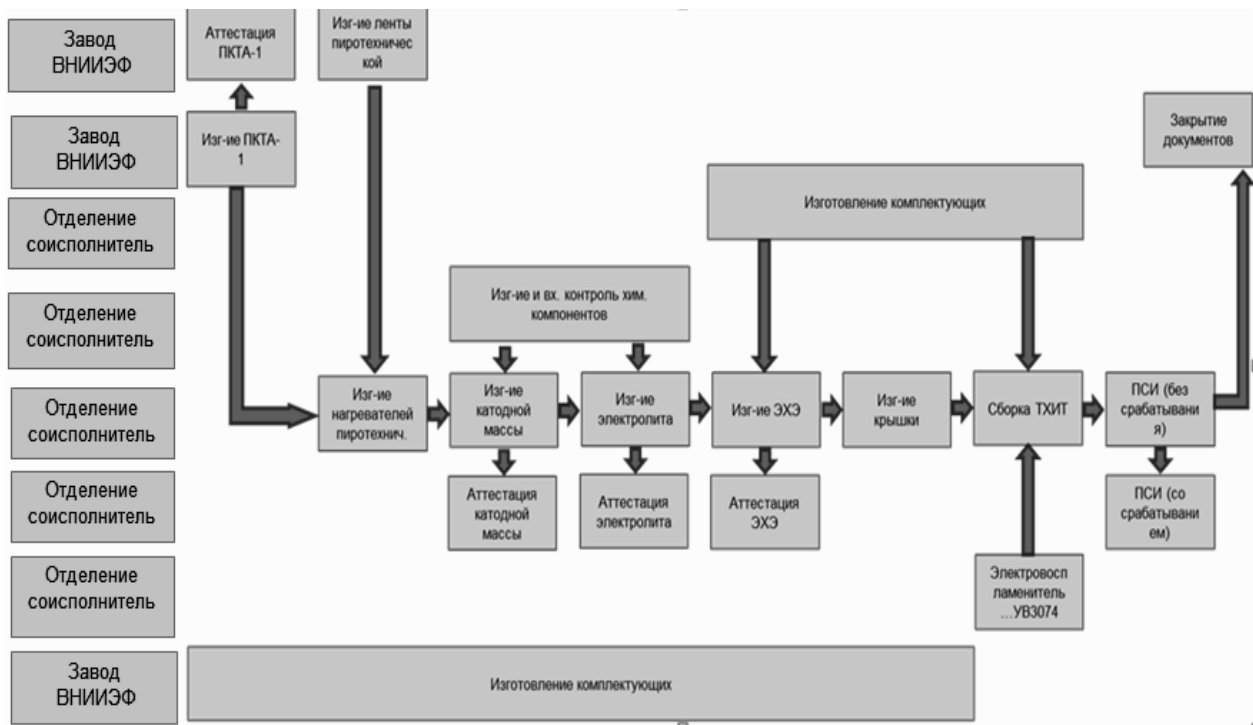


Рис. 3. Кооперация в части изготовления ТХИТ

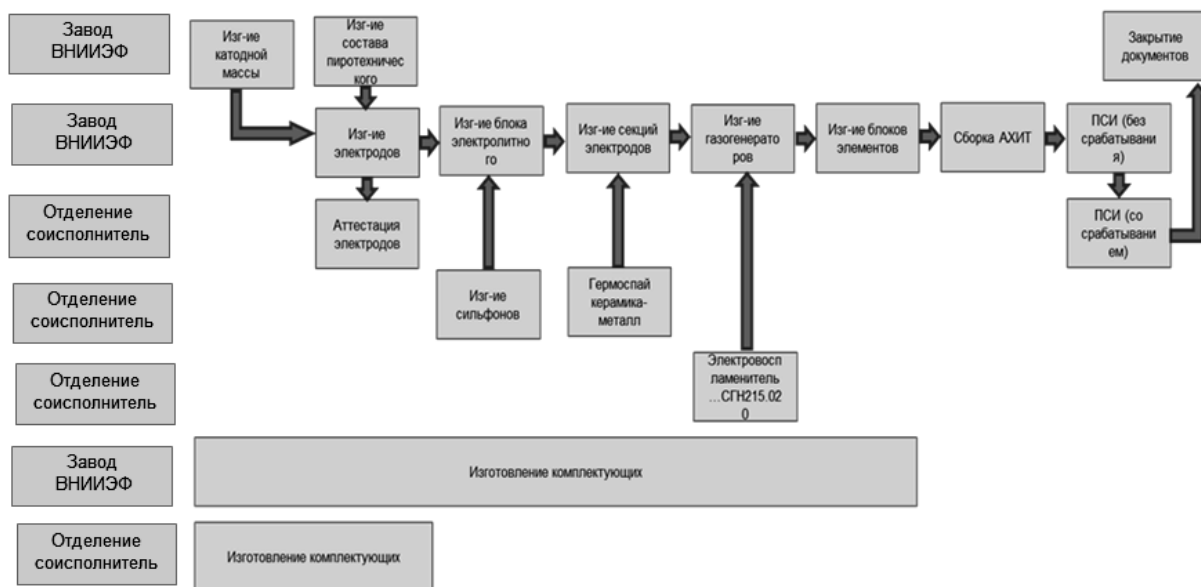


Рис. 4. Кооперация в части изготовления АХИТ

Отделения соисполнители:

- проводят контрольные проверки составных частей и прямо-сдаточные испытания ХИТ;
- изготавливают ДСЕ из состава ХИТ (сильфоны, изолятор и крышку);
- изготавливают комплекты ДСЕ для ХИТ на станках с ЧПУ;
- изготавливают титановый порошок и ленту пиротехническую, а также осуществляют ПСИ ленты и составов;
- производят литий ортосиликат - ортофосфат и оксид ванадия (III), входящие в состав электрохимических элементов ХИТ.

Проект «Производственная система Росатома (ПСР)»

На заводе ВНИИЭФ реализован проект ПСР «Двукратное увеличение выпуска химических источников тока...»

Целью проекта, на первом этапе, являлось увеличение производительности труда при производстве продукта в два раза за счет:

- ликвидации разного рода («низко висящих») потерь по времени,
- резкого снижения объема изготавливаемых партий продукта,

- построения потока единичных изделий при изготовлении продукта,

- организации процесса изготовления продукта по времени такта.

Целью проекта, на втором этапе, являлось снижение себестоимости за счет:

- сокращения цикла изготовления продукта,
- экономии фонда оплаты труда в результате отказа от приема дополнительных рабочих,
- экономии средств, запланированных на покупку оборудования и снижения стоимости части ДСЕ за счет грамотной кооперации.

Одним из главных итогов реализации проекта ПСР стало создание непрерывного потока производства продукта.

Создание непрерывного потока производства продукта включает следующие этапы:

- определение семейства продуктов,
- определение границ процесса создания продукта (потока создания ценностей (ПСЦ)),
- картирование ПСЦ.

потерь при межоперационном перемещением деталей с построением схем межоперационного перемещения («диаграмм спагетти») ДСЕ ХИТ.

При анализе производственного процесса изготовления выбранного продукта (ХИТ) производился сбор следующих показателей на каждом этапе обработки (рис. 6, 7):

- определение режима работы (выполняемая операция, на рис. 6 – рабочий элемент)
- время такта;
- время цикла каждой операции;
- время периодической работы;
- загрузка персонала.

В ходе производственного анализа были выявлены следующие проблемы:

- неритмичная поставка ДСЕ ХИТ от цехов-кооператоров;
- большие перемещения в процессе изготовления ХИТ;
- работа с большими партиями изготавливаемого продукта;

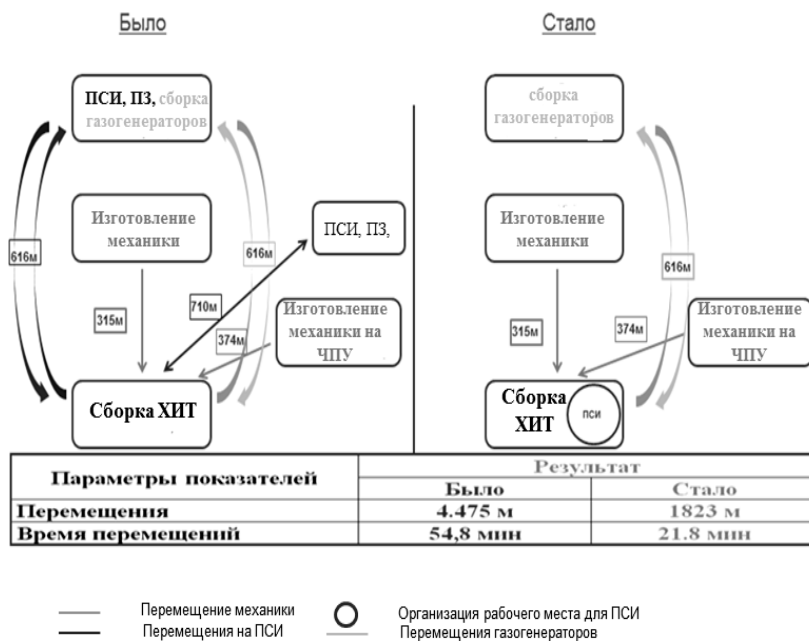


Рис. 5. Картирование 1-го уровня ПСИ – прямо-сдаточные испытания, ПЗ - контроль представителем заказчика

В качестве продукта выбраны ХИТы (АХИТы и ТХИТы).

Выбор обусловлен рядом причин:

- высокий удельный вес сотрудников, занятых в изготовлении продукта (ХИТ),
- серийность продукта;
- наличие проблем при производстве продукта;
- технологическая сложность ПСЦ.

После выбора продукта были определены границы описания ПСЦ и проделано картирование ПСЦ (рис. 5), а так же разработаны технологические планировки участков изготовления ХИТ, с указанием мест (участков) применения ПСР – решений расстановки технологического оборудования с минимизацией

- длительное ожидание представителей отдела технического контроля (ОТК) и ПЗ;
- большое количество брака.

Для решения выявленных проблем были предложены, а в дальнейшем реализованы следующие предложения:

- разделение производственных потоков на ТХИТ и АХИТ;
- организация «производственной ячейки» – объединение специализированной группы рабочих и оборудования для изготовления ХИТ в одном месте;
- технологические улучшения;
- разработка и внедрение новой оснастки и приспособлений;
- концентрация производства ХИТ на заводе ВНИИЭФ.

Лист наблюдения ручной работы

Состав Части		От: ТХИТ ...АК3 До:		Участок: ХИТ Время такта: 376"16"80					Дата: 08.07.2014 г. Подготовлено:			
№	Рабочий элемент - t	Точка отсчёта	1	2	3	4	5	t min (t)	Кол-во отрегули. (С)	t отрегули. (t+C)=D	Колебания (А-t)	Комментарии
10	Установка в оправку для сварки	касание оправки	50"28	51"81	53"15	—	—	50"28	—	50"28	2"87	
11	Проверка электропараметров и	касание мегомметра	1'45"67	1'47"38	1'50"16	—	—	1'45"67	—	1'45"67	4"49	
12	Упаковка в контейнер	касание контейнера	27"53	28"40	25"42	—	—	25"42	—	25"42	2"98	
13	Выгрузка из линии (бокса)	касание ручки шлюза	48"56	50"42	51"35	—	—	48"56	—	48"56	2"79	
—	переход	1 шаг	1'10"24	1'08"68	1'16"46	—	—	1'08"68	—	1'08"68	7"78	
14	Сварка лазерная	касание оправки со сборкой	4'08"19	4'20"03	4'17"23	—	—	4'08"19	—	4'08"19	11"84	
—	переход	1 шаг	1'06"86	1'05"42	1'09"14	—	—	1'05"42	—	1'05"42	3"72	
15	Загрузка в линию (бокс)	касание ручки шлюза	1'00"00	57"00	54"00	—	—	54"00	—	54"00	6"00	
16	Выгрузка из линии (бокса)	касание ручки шлюза	50"49	52"16	49"73	—	—	49"73	—	49"73	2"43	
—	переход	1 шаг	1'10"24	1'08"68	1'16"46	—	—	1'08"68	—	1'08"68	7"78	
17	Проверка на герметичность, упаковка в контейнер	касание контейнера	15'52"16	17'28"85	16'42"73	—	—	15'52"16	1'00"00	16'52"16	1'36"89	
—	переход	1 шаг	1'10"24	1'08"68	1'16"46	—	—	1'08"68	—	1'08"68	7"78	
18	Упаковка	касание контейнера	17'00"00	16'00"00	15'00"00	—	—	15'00"00	1'00"00	16'00"00	2'00"00	
		Σ	79'18"79	81'36"44	—	—	—	77'15"07	2'03"72	79'18"79	7'23"56	

$\Sigma t = 77'15"07$
 $C = T - \Sigma t = 79'18"79 - 77'15"07 = 2'03"72$
 (Отрегулированное время)

Условные знаки:
 X Зачеркнуть ошибку; ○ Обвести наиб. время (А); — Подчеркнуть наим. Время (t)

Рис. 6. Лист наблюдения ручной работы

Таблица сбалансированной работы (...АК3)

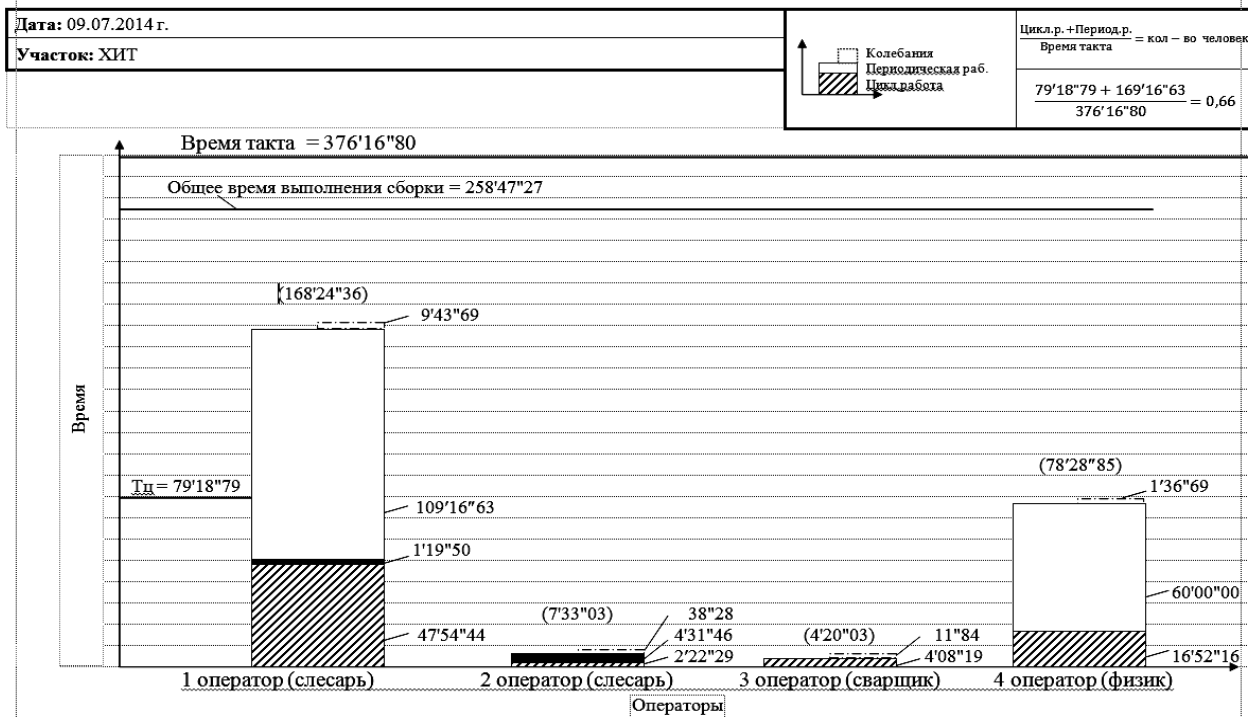


Рис. 7. Таблица сбалансированной работы

Разделение производственных потоков на ТХИТ и АХИТ

Разделение потоков производства ХИТ (рис. 8, 9) на АХИТ и ТХИТ предусматривает, что АХИТ

будет преимущественно изготавливаться в помещениях второго этажа, а ТХИТ будет преимущественно изготавливаться в помещениях первого этажа.

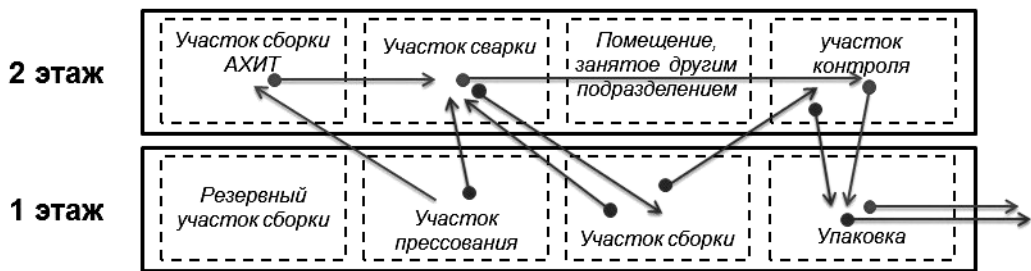


Рис. 8. До разделения потоков

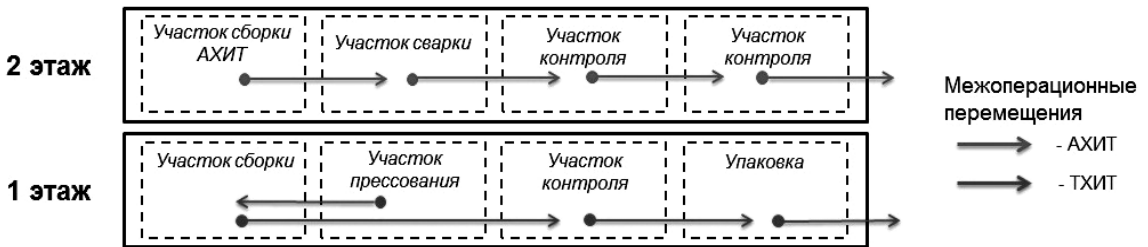


Рис. 9. После разделения потоков

Организация «производственной ячейки» для изготовления ХИТ и определение минимального объема партии по каждому виду ДСЕ

С целью сокращения цикла изготовления и обеспечением ритмичной поставки ДСЕ ХИТ цехом, исходя из потребности сборки, было выделено необходимое количество рабочих в «ячейку» по изготовлению ХИТ. Так же была изменена система планирования по каждому виду ХИТ, исходя из недельной потребности сборки, и разработан перечень ДСЕ с определением минимальной партии (рис. 10).

- изготовление приспособления для размотки и отрезки требуемой длины провода;
- изготовление сварного колпака;
- изготовление подставок для инструмента и приспособлений;
- изготовление нового электроножа для нарезки;
- оборудование рабочего места лупой с подсветкой на пантографическом механизме;
- изготовление многоярусного приспособление для стеклоспая и др.

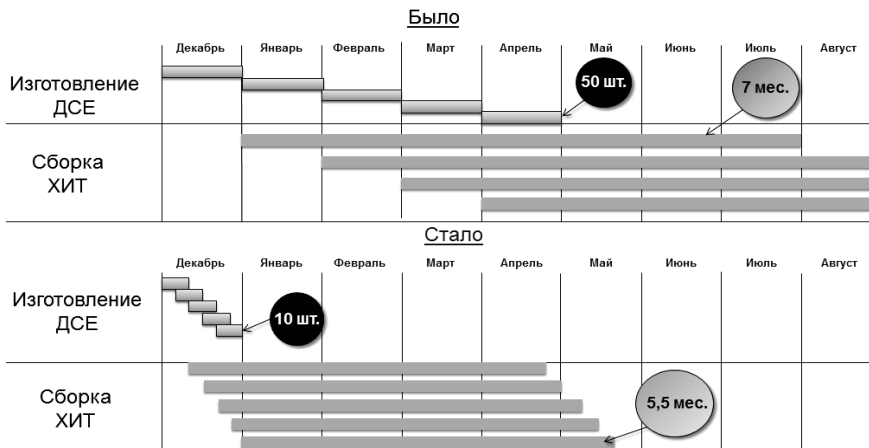


Рис. 10. Сокращение объема партии

Мероприятия по разделению потоков изготовления ХИТ позволили сократить перемещения:

- для ...АХИТ – до 6 км;
- для ...ТХИТ – до 6,3 км.

Внедрение улучшений

В ходе реализации проекта было предложено и внедрено более 20 улучшений:

Рассмотрим подробнее изготовление сварного колпака.

Первоначально колпак (стакан) изготавливался вытяжкой. Вытяжка стакана, состоявшего из двух частей 1 и 2, рис. 11, производилась в три перехода с последующей термической обработкой после каждого перехода (время изготовления 32 часа).

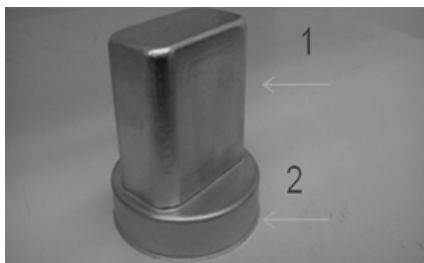


Рис. 11. Стакан изготовленный вытяжкой

Для сокращения времени изготовления и уменьшения количества брака была изменена конструкция и внедрена новая технология изготовления колпака.

Замена конструкции колпака на сварную конструкцию (из трех деталей 1, 2, и 3, рис. 12) позволила сократить время протекания процесса изготовления колпака практически в три раза (время изготовления 12 часов), соответственно и сокращение цикла изготовления колпака в 3 раза (цикл 13 дней).

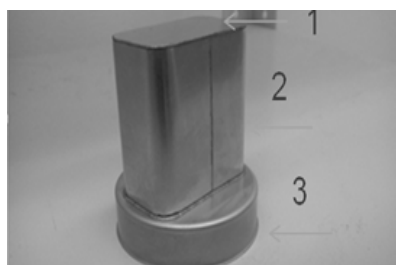


Рис. 12. Сварной стакан

Перевод процесса изготовления деталей с универсальных станков на станки с числовым программным управлением (ЧПУ)

В целях сокращения количества брака, а так же снижения себестоимости изготовления деталей путем

снижения трудоемкости было принято решение о переводе процесса изготовления ряда деталей с универсальных станков на станки с ЧПУ.

Разработаны и отработаны более 50 программ на токарные и фрезерные станки.

Результаты перевода процесса изготовления деталей на станки с ЧПУ представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты перевода процесса изготовления деталей на станки с ЧПУ

Параметры показателей	Результат	
	Было	Стало
Перемещения оператора	14 м.	2 м.
Цикл изготовления детали	5–31 мин.	1–15 мин.
Брак (из 100 деталей)	2 шт.	0 шт.

Станочников, многократных победителей конкурса «Золотые руки», длительное время работающих без отклонений и брака перевели на самоконтроль. В результате цикл контрольных операций сократился с 11–25 мин. до 1–14 мин.

Концентрация производства ХИТ на заводе ВНИИЭФ

Стратегической задачей в части оптимизации технологической цепочки производства ХИТ является максимальная концентрация всех технологий на заводе ВНИИЭФ и организация опытно-серийного производства ХИТ.

Технологии, передаваемые отделениями - соисполнителями производства ХИТ на завод ВНИИЭФ, в период 2015–2017 гг., приведены в табл. 2.

Таблица 2

Технологии, передаваемые на завод ВНИИЭФ

№	Отделение	Передаваемые технологии (проверки, испытания)	Мероприятия при передаче технологий
1	Соисполнитель	Контрольные проверки СЧ, ПСИ ХИТ	Закупка приборов, оборудования
2	Соисполнитель	Изготовление: – сильфоны; – изолятор; – крышка.	Закупка оборудования, изготовление технологической оснастки
3	Соисполнитель	Изготовление: – титановый порошок; – лента пиротехническая ЛП2; – проведение ПСИ ленты ЛП2,	Закупка оборудования, приборов
4	Соисполнитель	Изготовление комплектов ДСЕ	Закупка оборудования

Для решения задачи концентрации технологий на заводе ВНИИЭФ в настоящее время реализуется несколько проектов:

– предполагается создание специализированного механического участка, что должно обеспечить ритмичность производства, формирование оптимального потока, комплектной поставки ДСЕ с учетом применения инструментов ПСР (поток единичных изделий). Это одновременно позволит задействовать высвободившееся оборудование для решения других задач;

– в рамках ФЦП реализуется проект для оснащения завода ВНИИЭФ оборудованием, необходимым для организации производства ДСЕ, в настоящее время изготавливаемых отделениями – соисполнителями, в частности в 2015 г. разработан стенд контроля электрических параметров ХИТ.

Экономический эффект

В результате внедрения новых технологий, разработки и применения приспособлений, а так же инструментов ПСР, себестоимость рассмотренных нами ХИТ удалось снизить: на 5 % – АХИТ и на 10 % – ТХИТ.

Заключение

1. В рамках проделанной работы были переработаны технологии изготовления ДСЕ ХИТ. В результате цикл изготовления некоторых деталей удалось снизить в 3 раза.

2. Перевод ДСЕ ХИТ с универсальных станков на станки с ЧПУ позволил сократить число технологических переходов при механической обработке, тем самым снизив общую трудоемкость, а так же значительно снизить влияние человеческого фактора.

3. Изменение подхода к системе планирования позволило обеспечить ритмичную поставку ДСЕ

по каждому виду ХИТ, исходя из недельной потребности сборки, что в свою очередь значительно сократило время ожидания комплектующих ХИТ.

4. Внедрение улучшений выработанных в рамках ПСР проекта позволили улучшить качество условий труда и повысить производительность на $\approx 55\%$.

Реализация данных мероприятий позволила в 2015 г. увеличить выпуск ХИТ в 3 раза по отношению к 2013 г. без привлечения дополнительных ресурсов, а так же снизить себестоимость изготовления ХИТ на 15 %.

Стратегической задачей в части оптимизации технологической цепочки производства ХИТ стала максимальная концентрация всех технологий (за исключением технологий ИЯРФ) на заводе. Разработка стенда для проведения ПСИ ХИТ в отделе 2190 стала первым шагом для реализации этой задачи.

Реализация мероприятий выработанных в рамках ТЗ на техперевооружение ОТЦ по ХИТ позволит увеличить объемы производства ХИТ в 1,5 раза по отношению к 2015 г.

Литература

1. Методические рекомендации «Картирование и оптимизация потока создания ценностей при разработке продукции» (МР ПСР 014-2013).

2. Руководящий документ «Картирование потока создания ценности. Инструменты приведения потока к целевому состоянию» (РД ПСР 088-2011)

3. Руководящий документ «Расчет экономического эффекта реализуемых проектов и внедряемых предложений в ходе внедрения производственной системы РОСАТОМ» (РД ПСР 009-2012) .

4. Ильин А. И. Экономика предприятия 2007. – Минск: ООО «Новое знание», 2007.