



Ссылка на статью:

// Ученые записки УлГУ. Сер. Математика и информационные технологии. УлГУ. Электрон. журн. 2021, № 1, с. 55-66.

Поступила: 05.04.2021

Окончательный вариант: 05.04.2021

© УлГУ

УДК 658.562.44

Применение методов описания процессов при анализе качества результатов технологической подготовки производства приемо-передающих модулей

Пак И. М.^{1,*}, Санников И. А.²

[*pak_irina93@mail.ru](mailto:pak_irina93@mail.ru)

¹ АО «НПП «Завод Искра», Ульяновск, Россия

²УлГУ, Ульяновск, Россия

В статье рассмотрены особенности применения методов описания процесса изготовления приемо-передающих модулей с целью анализа качества результатов технологической подготовки производства. При описании процесса применялись методы графического представления данных и методология SADT семейства IDEF0. Приведенный расчет экономического эффекта подтверждает целесообразность реализованных мероприятий.

Ключевые слова: технологическая подготовка производства, приемо-передающие модули, методы описания процессов, SADT, IDEF0, графические методы представления данных, блок-схема, диаграмма межоперационных перемещений.

Введение

Технологическая подготовка производства — совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства; является продолжением работ по проектированию изделия и одним из основных видов технической подготовки производства [1].

Технологическая подготовка производства охватывает:

- проектирование технологических процессов производства;
- выбор и размещение оборудования;
- определение технологической оснастки;

• разработку методов технического контроля, нормирования материально-технических затрат и обеспечение выпуска продукции заданного уровня качества с установленными сроками и объемами выпуска.

Цель технологической подготовки производства состоит в создании проекта технологического процесса, его технического обеспечения на основе проекта изделия. Информация, полученная на этом этапе, должна включать в себя ответ на вопрос, как изготавливать изделие, чтобы оптимизировать технико-экономические показатели деятельности предприятия-производителя. Поэтому от качества информации, полученной на данном этапе и отраженной в технологической документации, зависят эффективность производства и качество продукции.

На предприятии работы по технологической подготовке производства осуществляют ряд структурных подразделений, работники которых зачастую не знакомы с производством. Таким образом, результаты технологической подготовки производства могут быть нерациональными, по мнению владельцев процессов.

По вышеописанным причинам важно проводить анализ результатов технологической подготовки производства на пригодность с точки зрения рациональности и эффективности технологического процесса.

Анализ результатов технологической подготовки производства на предприятии проводится путем описания спроектированного процесса.

1. Методы описания процессов

Актуальность применения методов описания процессов заключается в удобстве и наглядности отображения состояния процесса с целью его постоянного мониторинга и оперативного принятия решения. В результате описания процесса формируется модель. Процесс изготовления приемо-передающих модулей описывается с целью проверки информации, полученной в результате технологической подготовки производства, по следующим направлениям:

- перечень необходимых операций и последовательность их выполнения;
- порядок проведения контроля и управления процессом;
- перечень структурных подразделений, задействованных в процессе;
- перечень ресурсов (информации, материалов, время). необходимых для эффективной реализации каждой операции;
- определение и описание входа каждой операции;
- определение и описание выхода каждой операции;
- перечень документации, регламентирующей порядок выполнения операций;
- показатели результативности каждой операции и процесса в целом.

Для построения моделей и описания процессов используются методология SADT семейства IDEF и методы графического представления данных.

SADT (Structured Analysis and Design Technique) — методология структурного анализа и проектирования, интегрирующая процесс моделирования, управление конфигурацией проекта, использование дополнительных языковых средств и руководство проектом со своим графическим языком [2].

Моделирование процесса по результатам технологической подготовки производства содержит этапы, такие как: опрос экспертов, создание диаграмм и моделей, оценка адекватности моделей и принятие их для дальнейшего использования.

SADT, как и другие методологии проектирования, целесообразно использовать на ранних этапах ЖЦ: для понимания системы до ее воплощения. SADT позволяет сократить дорогостоящие ошибки на ранних этапах создания системы, улучшить контакт между потребителями услуг и разработчиками, сгладить переход от анализа к проектированию. Несомненное достоинство SADT заключается в том, что данная методология легко отражает такие характеристики как управление, обратная связь и исполнители.

Признание полезности SADT привело к стандартизации и публикации ее части, предназначенной для функционального моделирования, как методологии и стандарта функционального моделирования и описания процессов IDEF0.

IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling) - методология функционального моделирования процессов и графическая нотация, предназначенная для формализации и описания бизнес-процессов [3].

Отличительной особенностью IDEF0 является её акцент на соподчинённость объектов. В IDEF0 рассматриваются логические отношения между работами, а не их временная последовательность (поток работ). Моделирование бизнес-процессов средствами IDEF0 является первым этапом изучения системы.

Процесс в IDEF0 обозначается блоком, а его связи с другими элементами внешней среды или другими процессами обозначаются стрелками.

В IDEF0 различают пять типов стрелок:

- вход (Input) – материал или информация, которые используются или преобразуются блоком для получения результата (выхода). Блок может не иметь ни одной входной стрелки. Данный вид стрелки поступает на левую сторону блока.

- управление (Control) – инструкции, нормативные документы, стандарты, которые влияют на выполнение функции. Каждый блок должен иметь хотя бы одну стрелку управления. Данный вид стрелок поступает на верхнюю сторону блока.

- выход (Output) – результат выполнения функции (материал или информация). Каждая функция должна иметь хотя бы одну выходную стрелку. Данный вид стрелок выходит из правой стороны блока.

- механизм (Mechanism) – материальные, человеческие, информационные ресурсы, с помощью которых выполняется работа. Данный вид стрелок поступает на нижнюю сторону блока.

- вызов (Call) – специальная стрелка, указывающая на другую модель предметной области. Данный вид стрелок выходит из нижней стороны блока. Стрелка вызова не является компонентом собственно методологии SADT. Она является расширением IDEF0-методологии и предназначена для организации коллективной работы над моделью, разделения модели на независимые модели и объединения различных моделей предметной области в одну модель.

Для идентификации граничных стрелок используются ICOM-коды (аббревиатура из первых букв типов связей – Input, Control, Output и Mechanism). Граничной стрелкой называется стрелка, выходящая за пределы диаграммы. Внутренние стрелки связывают работы между собой. Различают пять видов связей работ:

- связь по входу – стрелка выхода вышестоящей работы направляется на вход нижестоящей;
- связь по управлению – выход вышестоящей работы направляется на управление нижестоящей;
- обратная связь по входу – выход нижестоящей работы направляется на вход вышестоящей;
- обратная связь по управлению – выход нижестоящей работы направляется на управление вышестоящей;
- связь выход-механизм – выход одной работы направляется на механизм другой.

IDEF0-модель предполагает наличие четко сформулированной цели, единственного субъекта моделирования и одной точки зрения.

Модель в нотации IDEF0 представляет собой совокупность иерархически упорядоченных и взаимосвязанных диаграмм. Каждая диаграмма описывает отдельные компоненты системы и располагается на отдельном листе.

В отношении рассматриваемого процесса модель в нотации IDEF0 используется для описания процесса «Проектирование продукции», так как производство приемопередающих модулей – это часть (подпроцесс) выполнения научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы.

Модель IDEF0 процесса «Проектирование продукции» представлена на рис. 1.

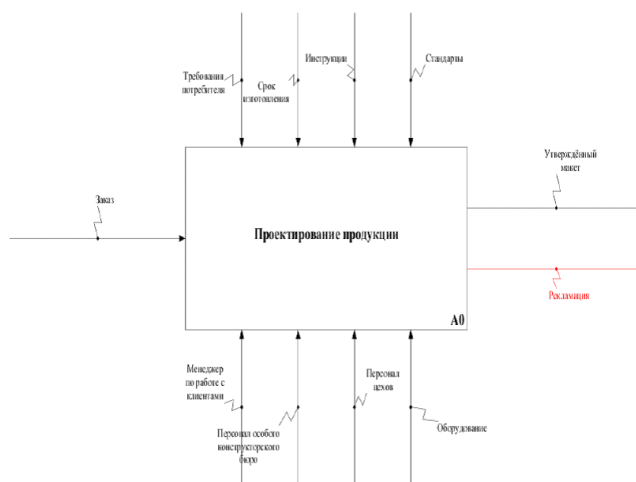


Рис. 1. Модель процесса «Проектирование продукции».

Процесс проектирования продукции состоит из нескольких этапов:

1. Приём заказа
2. Разработка конструкторской документации
3. Изготовление макета

4. Предъявление макета заказчику

Для проверки качества результатов технологической подготовки производства создана диаграмма декомпозиции контекстной диаграммы, представленная на рис.2.

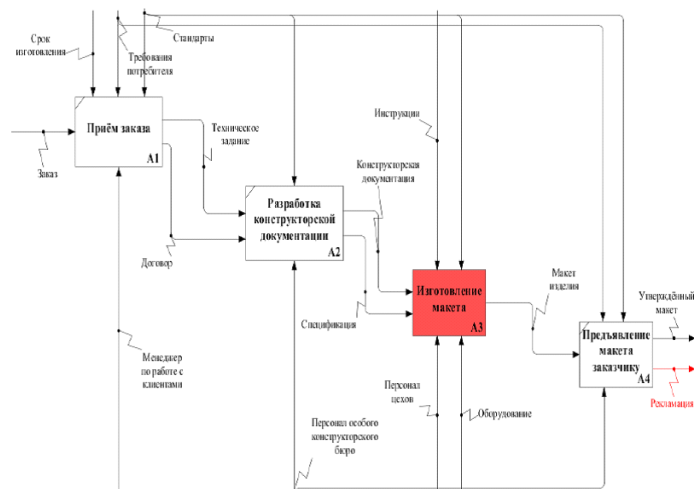


Рис. 2. Декомпозиция контекстной диаграммы A0.

На диаграмме декомпозиции процесс «Изготовление макета» выделен красным, так как от данного процесса зависит будет ли заказ на пробную партию изделий, или заказчик потребует устранения недостатков и передачи комплекта конструкторской документации другому предприятию-производителю. Несоответствие макета требованиям заказчика приводит к рекламации. Устранение рекламаций нередко приводит к необходимости начинать процесс проектирования продукции заново.

С целью проверки качества процесса «Изготовление макета» была построена диаграмма декомпозиции данного процесса, представленная на рис. 3.

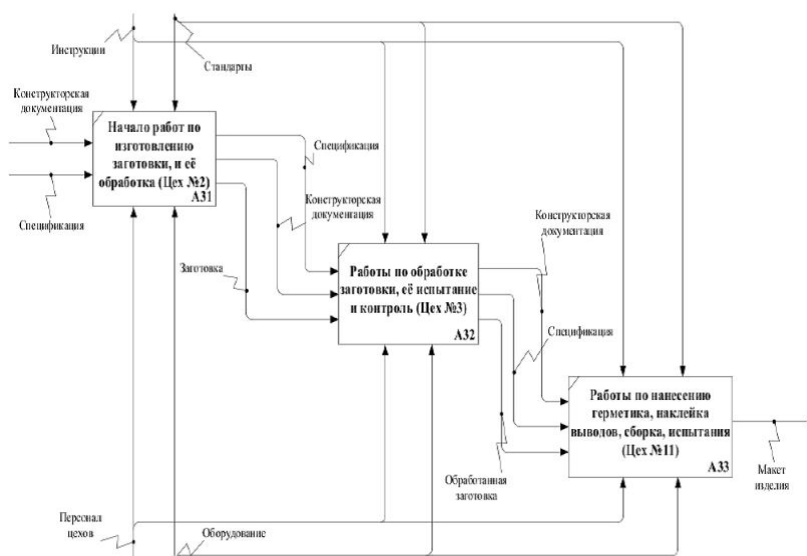


Рис. 3. Диаграмма процесса «Изготовление макета»

В изготовлении пробной серии участвуют те же структурные подразделения предприятия, что и в процессе изготовления макета, однако, естественно, нагрузка на них будет в разы больше. Для организации эффективного процесса изготовления приемо-передающих модулей без ущерба для выполнения предприятием других заказов, была проведена технологическая подготовка производства. Модель процесса изготовления приемо-передающих модулей по результатам технологической подготовки производства была описана с помощью методов графического представления данных.

К методам графического представления данных, используемым на предприятии для описания процессов, относят диаграммы, блок-схемы, графики и карты информационных и материальных потоков. При анализе спроектированного процесса изготовления приемо-передающих модулей были использованы блок-схема и диаграмма межоперационных перемещений.

Блок - схема процесса – распространённый тип графических моделей, описывающих алгоритмы или процессы, в которых отдельные шаги изображаются в виде блоков различной формы, соединённых между собой линиями, указывающими направление последовательности [4].

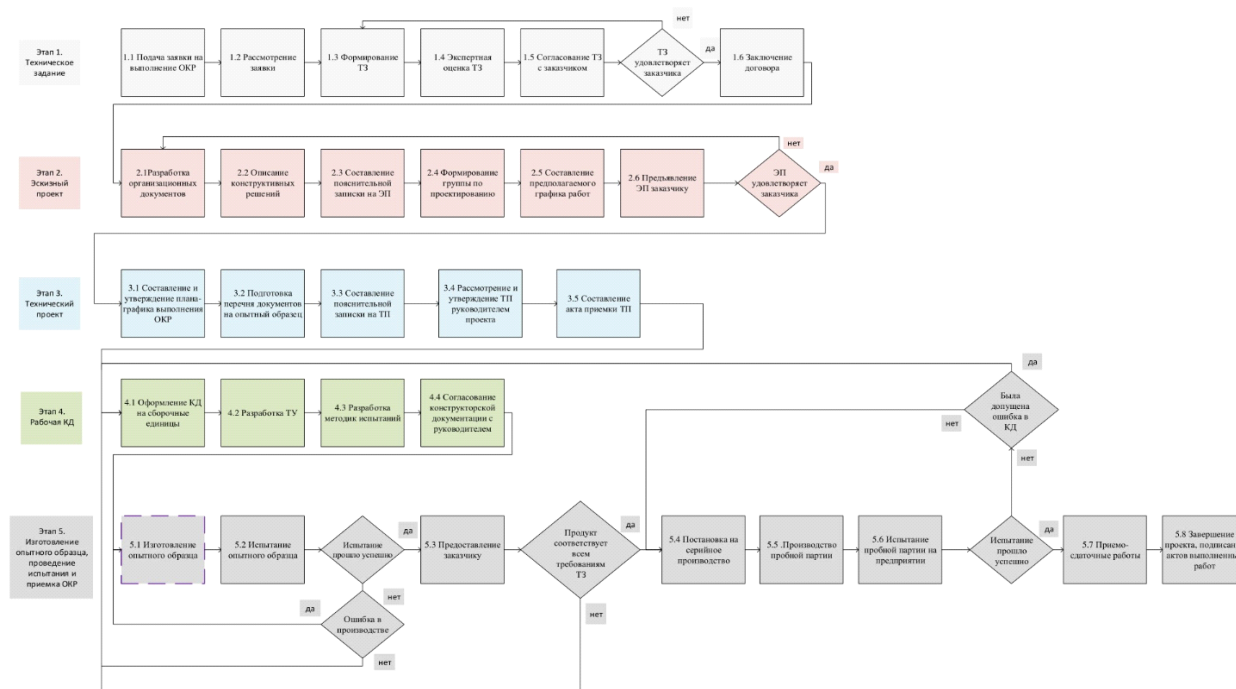


Рис. 4. Блок- схема бизнес - процесса.

Блок-схема позволяет наглядно продемонстрировать предполагаемое протекание процесса. Однако при всех своих достоинствах в рассматриваемом случае блок-схема помогает пользователю проверить информацию только по трём первым указанным направлениям. Другими словами, построение блок-схемы процесса изготовления приемо-передающих модулей способна продемонстрировать перечень и последовательность

операций, исполнителей и методы контроля. Также стоит учитывать, что блок-схема не предусматривает подробного описания операций даже по данным направлениям. Это связано с риском потери простоты понимания в погоне за информативностью.

Блок-схема процесса выполнения научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы по изготовлению приемно-передающих модулей представлена на рис. 4.

Построение блок-схемы по данному процессу выявило еще один недостаток этого инструмента, а именно сложные процессы, состоящие из многочисленных операций, протекающих последовательно и/или параллельно, не могут быть полностью описаны лишь построением блок-схемы. А блок-схема по таким процессам будет тяжела для понимания. Массивная блок-схема, содержащая несколько условий и ответвлений, свидетельствует также о сложности процесса и необходимости его оптимизации.

Участники процесса и последовательность подпроцессов представлено на рис. 5.

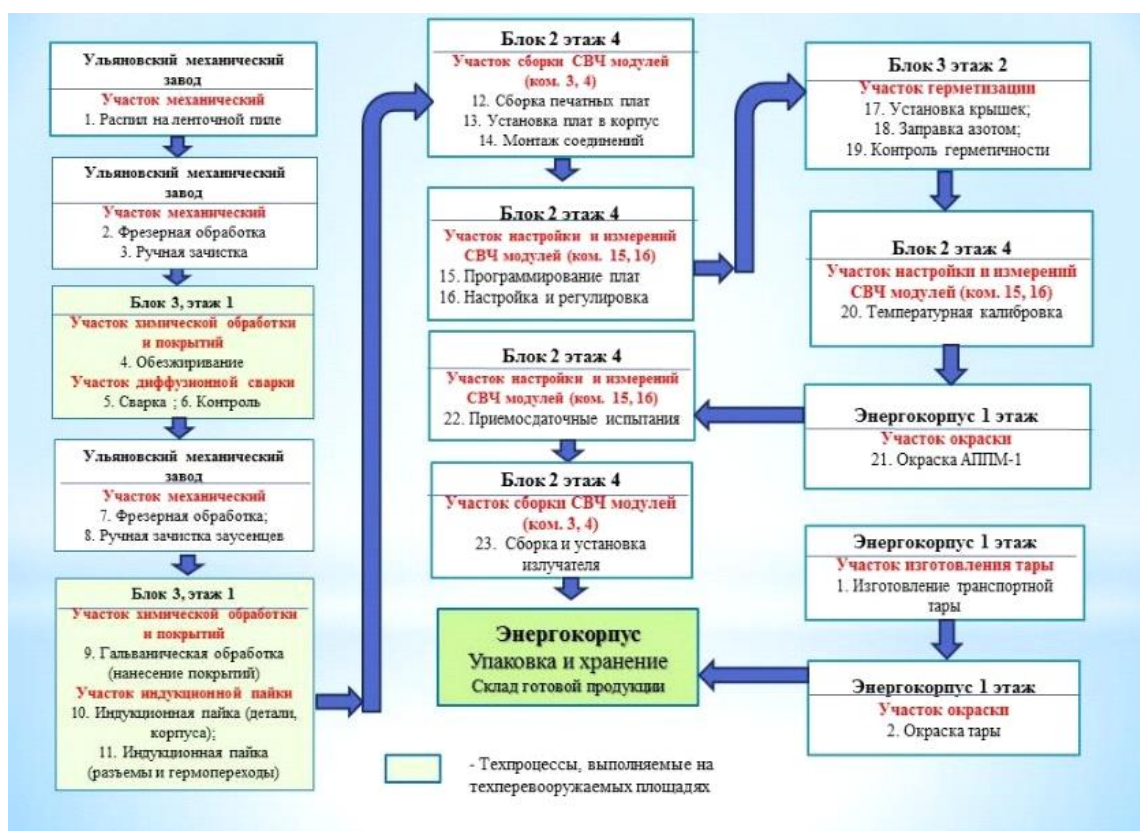


Рис. 5. Блок- схема участников процесса.

В дополнение к блок-схемам строится диаграмма межоперационных перемещений с целью проверки рациональности планировки производственного участка и размещения оборудования и технологической оснастки.

Диаграмма межоперационных перемещений – инструмент бережливого производства (lean production), позволяющий визуально представить перемещения сотрудника в процессе выполнения работы [5].

При построении диаграммы учитываются все перемещения работника, в том числе и перемещения, выполняемые в ходе подготовительных работ.

Диаграмму межоперационных перемещений при описании процесса изготовления прямо-передающего модуля использовалась не только для анализа перемещения сотрудников, но и для изучения траектории перемещения материалов, изделий и полуфабрикатов.

Диаграмма межоперационных перемещений, построенная на основании эскизной технологической документации и проектной планировки участка, представлена на рис.6.

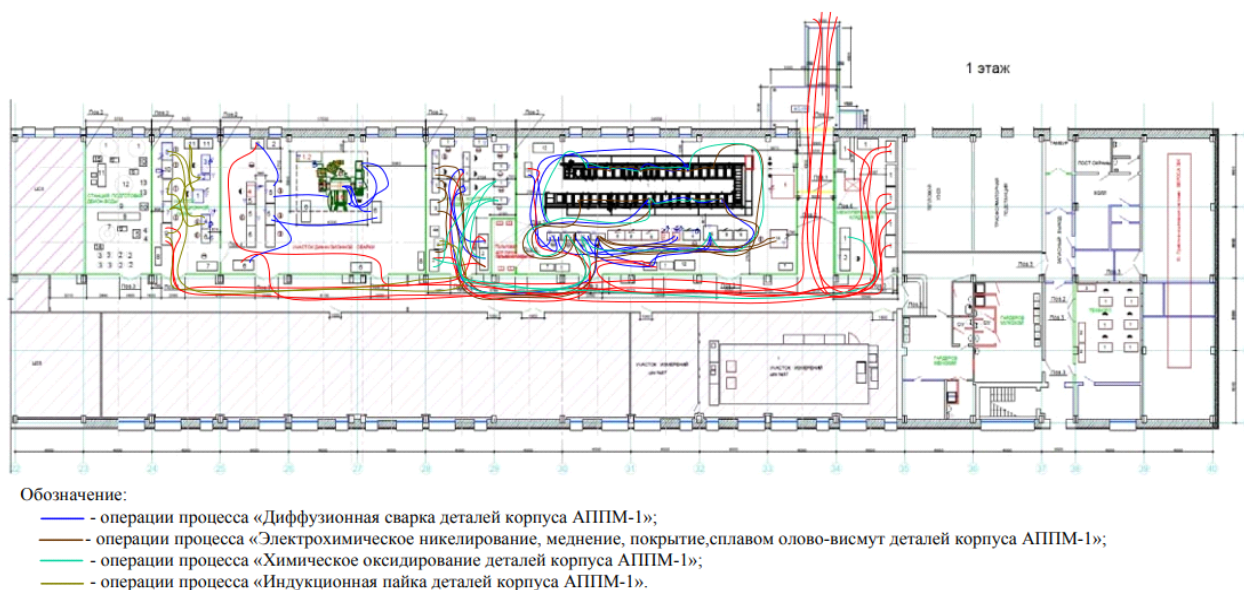


Рис. 6. Диаграмма межоперационных перемещений.

Применение диаграммы позволяет выстраивать организацию протекания процесса таким образом, чтобы сократить потери на перемещения, высвободив временные ресурсы и снизить утомляемость производственного персонала.

Следствием подобных улучшений, как правило, может стать снижение задействованных площадей для осуществления операции и повышение производительности данного процесса.

Анализ диаграммы межоперационных перемещений, построенной на основании результатов технологической подготовки процесса изготовления прямо-передающих модулей, выявил высокую загруженность гальванических ванн (поз.№ 1.3.1, 1.3.2, 1.7.1, 1.7.2, 1.4, 1.5, 1.6, 1.9.1, 1.9.2, 1.10, 1.11, 1.20,1.17). При условии химической обработки всех комплектующих изделия на данном участке может возникнуть «очередь» - излишнее ожидание. Из 29 сборочных единиц изделия 17 должны пройти химическую обработку. Притом, что некоторые сборочные единицы для 1 комплекта готового изделия необходимы в количестве нескольких штук. Таким образом, участок химической обработки и покрытий может стать «узким местом» процесса.

В эскизном технологическом маршруте выделены действия «межоперационное хранение» и «транспортировка», необходимость выполнения которых не установлена. При построении процесса длительность этих действий нужно сокращать.

Предложения по проекту:

1. На диаграмме межоперационных перемещений была выявлена высокая загрузка рабочих столов (поз. №11 на участке химической обработки и покрытий) операциями «Монтажа/демонтажа приспособлений для подвески».

Предложение:

Увеличить количество столов СР-12 (2 ед.).

Преимущества:

Снижение загруженности столов СР-12 (поз. № 11) в процессе операций монтажа и демонтажа.

2. Диаграмма выявила загруженность коридора участка реализации проекта. На данном пространстве производится транспортировка изделий, перемещения работников в бытовые помещения, разгрузка и транспортировка комплектующих.

Предложение:

Установить двери (грузовые ворота) в межоперационную кладовую и на участке химической обработки и покрытий в коридоре разгрузки.

Преимущества:

Снижение загруженности движения в основном коридоре участка, сокращение межоперационных перемещений, снижение риска получения работниками производственной травмы.

3. С целью сокращения межоперационных перемещений и снижения загруженности основного коридора можно применить конвейер на участках диффузионной сварки, контроля изделий и химической обработки изделий и покрытий. Столы подкатные ПС-10 (поз. № 2, участок диффузионной сварки и поз. № 13, участок химической обработки и покрытий) использовать для погрузки и разгрузки изделий на конвейер.

Преимущества:

Использование конвейера значительно сократит количество и длительность межоперационных перемещений, снизит загруженность работ на операциях.

4. Применение конвейера позволяет сократить количество используемых подкатных столов на участке реализации проекта.

Предложение:

Убрать лишние подкатные столы ПС-10:

- поз. № 13 на участке химической обработки и покрытий;
- поз. № 3 на участке контроле изделий;
- поз. № 11 на участке индукционной пайки.

Преимущества:

Снижение расходов на приобретение подкатных столов, высвобождение пространства на участке.

5. Предложение:

Использовать вместо гидравлических кранов тележки с гидравлической платформой с механизмом опускания и подъема изделий.

Преимущества:

Уменьшение затруднительных перемещений оператора (тележка + гидравлических кран), а также сокращения его действий в процессе выполнения операции.

Диаграмма межоперационных перемещений с учетом реализации предложений представлена на рис. 7.

Диаграмма межоперационных перемещений (при реализации предложений по улучшению)

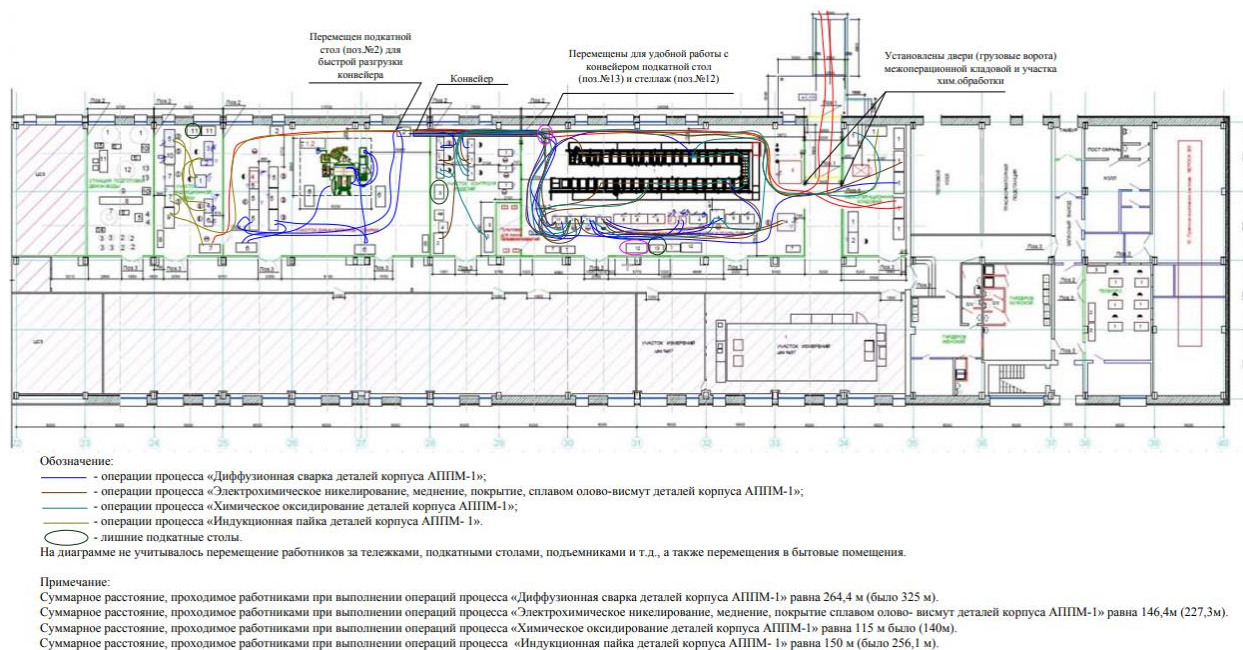


Рис. 7. Диаграмма межоперационных перемещений с учетом реализации предложений.

2. Расчет экономического эффекта

Реализация предложений по совершенствованию результатов технологической подготовки процесса изготовления прямо-передающих модулей позволят снизить риск срыва сроков выполнения заказа, повысить эффективность процесса, снизить материальные и временные издержки и также снизить риск быстрой утомляемости работников.

Для определения значения потенциального экономического эффекта от реализации предложений используется формула расчета финансово-экономического результата при снижении материальных затрат [6]:

$$\Delta Z = Z_{M1} + Z_{M2} \quad (1)$$

где Z_{M1} и Z_{M2} - значения переменных затрат за рассматриваемый период времени до и после реализации мероприятий, рублях.

Смета на закупку технологической оснастки для оснащения участка изготовления приемо - передающих модулей до проведения анализа качества результатов технологической подготовки была на сумму 532 412 рублей: $Z_{m1} = 532\,412$ рублей

При реализации предложения в связи с предотвращением закупки подкатных столов в количестве трёх единиц итоговая стоимость закупки технологической оснастки может сократиться на 81 000. Однако в рамках оптимизации процесса было предложено по установке конвейера, стоимость реализации данного предложения с учетом необходимых размеров составляет 53 000 рублей. Установка конвейера будет производиться собственными силами работников ремонтно-строительной службы. Реализация других предложений не требует материальных затрат.

Таким образом, $Z_{m1} = 532\,412 - 81\,000 + 53\,000 = 504\,412$ рублей.

Подставив полученные значения в формулу (1) расчета экономического эффекта, получим:

$$\Delta Z_m = 532\,412 - 504\,412 = 28\,000 \text{ рублей.}$$

Реализация предложений по повышению качества результатов технологической подготовки производства позволит сократить запланированные расходы на 28 000 рублей.

Положительный экономический эффект от реализации описания процессов и анализа результатов технологической подготовки производства еще раз подтверждает необходимость проведения такого рода мероприятий.

Заключение

Проверка качества технологической подготовки производства позволяет снизить риски срыва заказов, повысить эффективность процессов и сократить временные и материальные потери. В качестве методов моделирования и описания разработанного технологического процесса были применены методология SADT, а именно нотация IDEF0, и методы графического представления данных.

Список литературы

1. ГОСТ 14.004 – 1983. *Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий. Введ.* 1983-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1983.
2. Дэвид А. Марка и Клемент МакГоуэн. *Методология структурного анализа и проектирования SADT.* Режим доступа: <https://pqm-online.com/assets/files/lib/books/marka.pdf> (дата обращения 01.12.2020).
3. РД IDEF 0 -2000 *Методология функционального моделирования IDEF0.* М: 2000. Режим доступа: <https://docviewer.yandex.ru/view/978751415/> (дата обращения 01.12.2020).
4. Репин В.В., Елиферов В.Г. *Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов.* М.: Изд-во «Манн, Иванов и Фербер», 2013.

5. ГОСТ 56407-2015 *Бережливое производство. Основные методы и инструменты*. М: Изд-во Стандартиформ, 2015.
6. СТ ИС КОНЦЕРН ВКО 02.2-125-2019 *Система менеджмента бережливого производства и операционной эффективности. Оценка финансово-экономических эффектов от реализации мероприятий в области бережливого производства*. М.:АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей», 2019.