

Логистический анализ производственного цикла сборочной линии в приборостроении

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Рассматривается логистическая модель сборочного производства радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), производится анализ составляющих производственного цикла. Особое внимание уделяется анализу временных затрат на систему управления и контроля сборочной линии, которые оказывают существенное влияние на величину производственного цикла изделий РЭА.

Ключевые слова: логистическая модель сборочной линии, радиоэлектронная аппаратура, производственный цикл, система контроля и управления.

Введение и постановка задачи исследования

При создании автоматизированных линий в сборочных цехах приборостроительного предприятия одной из важных задач является логистический анализ с целью выявления и устранения «узких мест» производственной цепи. При согласовании характеристик рабочих мест возникает важная задача оптимизации производственного цикла [1 - 4].

Особую роль играют операции системы контроля и управления сборочным производством (СП), которые могут существенно влиять на величину производственного цикла сборочного производства [5].

В данной работе строится логистическая модель сборочного производства и решается актуальная задача анализа производственного цикла путем формирования упрощенной расчетной модели, в которой главными факторами являются затраты времени на контроль и управление сборочными операциями.

Теоретико-множественное представление управления и контроля сборочного производства

Сформируем теоретико-множественное представление для создания системной модели автоматизированной системы управления и контроля сборочным производством (АСУКСП). Основываясь на логистическом подходе, АСУКСП определим как множество следующих элементов автоматизированной системы технического контроля (СТК): функция $F_{ук}$, вход $X_{ук}$, выход $Y_{ук}$, структура $S_{ук}$ и связь с окружающей средой $H_{ук}$ (снабжение и сбыт в логистике) [5]:

$$АСУКСП = \{F_{ук}, X_{ук}, Y_{ук}, S_{ук}, H_{ук}\}.$$

Структура $S_{ук}$ включает совокупность элементов $R_{ук}$, свойств элементов $Z_{ук}$ и взаимосвязей элементов ($E_{ук}$):

$$S_{ук} = \{R_{ук}, Z_{ук}, E_{ук}\}.$$

где $R_{ук} = \{r_i\}$; $Z_{ук} = \{Z_{ук}(r_i)\}$; $E_{ук} = \{(r_i, r_j)\}$, $i, j = 1 \dots n$, n -число элементов (модулей) АСУКСП.

Элементами АСУКСП являются объекты контроля (ОК), средства контроля

(СК), исполнители контроля (ИК), рабочие места (РМ) диспетчеров и т. д. Результатом взаимодействия элементов АСУКСП является организация процесса контроля и управления СП, представленная в виде:

$$R_{yk}=\{OK, CK, IK, PM\};$$

$$Z_{yk}=\{Z_{yk}(OK), Z_{yk}(CK), Z_{yk}(IK), Z_{yk}(PM)\};$$

$$E_{yk}=\{E_{yk}(OK, CK), E_{yk}(OK, IK), E_{yk}(OK, PM), E_{yk}(CK, IK), E_{yk}(CK, PM), E_{yk}(CK, PM)\}$$

Входами АСУКСП (X_{yk}) служат материальные потоки СП в виде объектов контроля: заготовки, полуфабрикаты, детали, сборочные единицы и управляющая документация на управление и контроль (ДКУ), характеристики технологических операций: себестоимость, качество изготовления изделия, размер партии изготавливаемой продукции:

К выходам АСУ КСП (Y_{yk}) относят под сборки изделия, само изделие, а также информацию о их количестве, себестоимость изделия и характеристику сбыта изготавливаемой продукции:

Информация на *выходе* сборочного процесса используется для корректировки планов и оперативного управления производством, которые осуществляются на предприятии путем согласования входных и выходных материальных, энергетических и информационных потоков во времени.

Выполнение контроля и управления СП осуществляется относительно обособлено, но является целостной частью стратегии управления технологически зрелого предприятия, связанной и зависящей от специфики изделий, технологических операций сборки и испытаний изделий. Относительная обособленность задачи контроля и управления связана с отдельными звеньями логистики, их функциональным назначением, при этом обязательно предусматриваются связи с внешней средой (H_{yk}) (снабжение и сбыт продукции).

К *внешней среде* относят совокупность операций обслуживания (ОО), систему организации и управления постпроизводственного процесса (ОУПП), с учетом технологической эксплуатационной документацией и регламентных работ (ТДРР). Взаимодействие внешней среды и АСУКСП представляется в виде логистических связей, входов и выходов системы.

Множество входов и выходов связывает АСУКСП с внешней средой таким образом, что вход характеризует воздействие внешней среды на производственную систему, выход — воздействие производственной системы на внешнюю среду:

$$H_{yk}=\{H_{yk}(СУК, ДКУ), H_{yk}(СУК, ОО), H_{yk}(СУК, ОУП)\}.$$

АСУКСП функционирует по логистическим правилам, установленным менеджментом предприятия, представляется в виде системной модели и проектируется с учетом требований нормативных технических документов (конструкторских, технологических, производственных, нормативно-технических).

Целевая функция АСУКСП (F_{yk}) состоит в выпуске качественной продукции на основе проверки соответствия объекта контроля установленным требованиям. Математически F_{yk} описывается как функционал, преобразовывающий входные параметры X_{yk} , в выходные Y_{yk} , т. е.:

$$F_{yk}: Y_{yk}=g[X_{yk}, \alpha(t)],$$

где g - оператор преобразования входных компонент X_{yk} в выходные Y_{yk} , который зависит от логистических параметров $\alpha(t)$ и закона функционирования производственной системы.

АСУКСП характеризуется системными свойствами: устойчивость, точность, надежность, достоверность, производительность, стоимость и т.д.:

$$Z_{ук} = \{Z_{ук1}, Z_{ук2}, \dots, Z_{укi}, \dots\},$$

где $Z_{укi}$ - i -е свойство АСУКСП.

Системные свойства АСУКСП можно разделить на связанные с характеристиками будущего изделия и с его экономическими показателями. Критерий $K_{сук}$ эффективности АСУКСП является количественным выражением целевой функции и представляет собой некоторый функционал от системных свойств $Z_{ук}$:

$$K_{сук} = \Phi(Z_{ук}).$$

К критериям эффективности, определяющим характеристики качества будущего изделия, относят, например, характеристики точности и достоверности контроля качества; к частным критериям $K_{сук}$, определяющим экономические показатели созданного изделия — стоимость и трудоемкость контроля. Если при проектировании АСУКСП основное внимание уделяется показателям достоверности получаемой информации, то могут возникнуть значительные экономические затраты, связанные с использованием высокоточных средств контроля, высококвалифицированных исполнителей контроля и т. п. Если же в качестве критерия эффективности АСУ КСП выбирают стоимость контроля, то в качестве ограничений будут использоваться критерии, связанные с точностью контроля и качеством продукции.

Таким образом, вид и характер критерия эффективности определяются системным анализом и выбором основных характеристик АСУКСП, что обеспечивает обоснование рациональной архитектуры системы. В качестве временного критерия в данной работе рассмотрим производственный цикл.

Логистическая модель сборочного производства в приборостроении

На основе анализа целого ряда типовых процессов (ТП) сборки РЭА расчётную схему можно представить с учетом параллельных и последовательных операций производственного цикла (рис. 1).

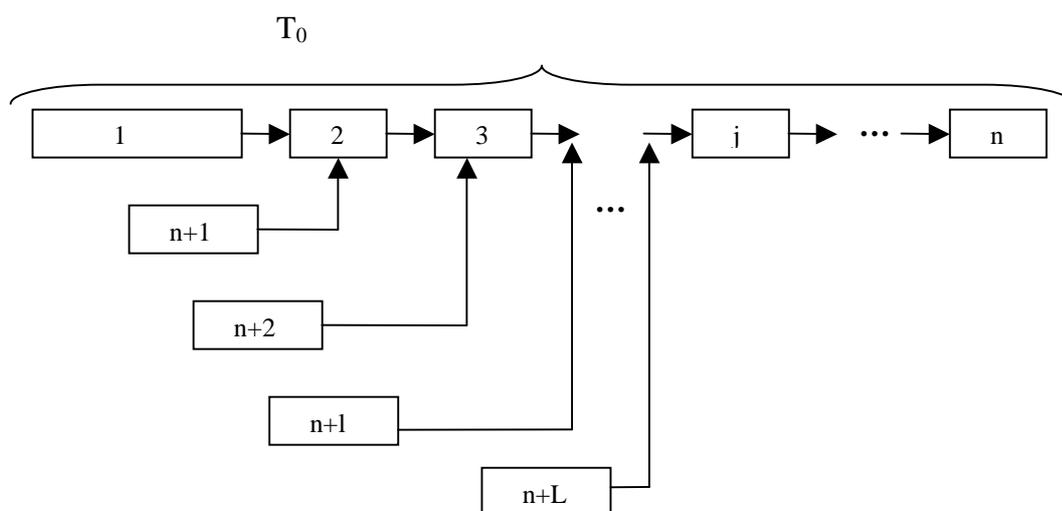


Рис. 1 Обобщенная схема сборочного производства РЭА

В расчётной схеме выделяются основной (сборочный) маршрут ТП (1, 2, 3, ..., i, ..., n), и параллельные ветви (n+1, n+2, ...), которые предназначаются для подготовки и изготовления отдельных подборок выпускаемого изделия РЭА.

Предположим, что времена выполнения отдельных операций в ветвях находятся в следующих отношениях:

$$T_{n+1}, T_{n+2}, \dots, T_{n+L} \ll T_0,$$

где T_0 – длительность цикла главной ветви (сборочной линии). При этом все параллельные ветви n+1, n+2, ..., n+L как вспомогательные, обычно требуют для своего выполнения меньшего времени, чем основная ветвь с величиной времени T_0 (производственный цикл) (рис. 1).

В этом случае, трудоемкость сборки изделия РЭА можно определить в виде суммы времен операций основного маршрута с учетом параллельных ветвей:

$$T_n = \sum_{j=1}^n t_j + \sum_{i=1}^{n+L} T_i,$$

где L – количество вспомогательных ветвей.

Пусть производственный цикл характеризуется следующим временем:

$$T_0 = \sum_{j=1}^n t_j, \quad T_0 < T_n,$$

за которое из элементов (подборок) собирается изделие без учета контроля и исправления брака.

Для проведения расчетов и анализа примем следующие предположения:

Считаем, что для всех рабочих мест (РМ) сборочной линии имеем относительные одинаковые значения времени контроля в АСУКСП в виде некоторой доли от времени основных операций, так что время контроля T_1 можно вычислить по формуле:

$$T_1 = A \cdot \delta_1,$$

где δ_1 – доля (коэффициент), означающая величину дополнительного времени от основного времени технологической операции для выполнения операций контроля, A – сумма времен основных технологических операций (групп операций), которые заканчиваются операциями контроля.

Для упрощения расчета дополнительного времени, связанного с устранением брака T_2 примем, что время на исправление брака, обнаруженного с помощью операций АСУКСП, будет оцениваться одним и тем же коэффициентом δ_2 для всей линии сборки РЭА, поэтому:

$$T_2 = B \cdot \delta_2,$$

где B – суммарное время, связанное с устранением брака для всей линии сборки.

Время операций, которые не охвачены контролем и связаны с отсутствием брака T_0 , принимаем постоянным и независимым от T_1 и T_2 .

В указанных предположениях полный производственный цикл имеет вид:

$$T_u = T_1 + T_2 + T_0 = T_0 + A\delta_1 + B\delta_2, \quad (1)$$

Задаваясь величинами δ_1 и δ_2 в некотором, задаваемом экспертами, диапазоне $\delta_1 \in [a_1, a_2]$, $\delta_2 \in [b_1, b_2]$, можно исследовать зависимость $T_{ц}$ от всех величин, входящих в формулу (1):

$$T_{ц} = f(T_1, T_2, T_3) = f(T_1, A, \delta_1, B, \delta_2)$$

Так как каждая из величин, указанных в правой части формулы (1) является сложной зависимостью от целого ряда факторов, то для упрощения будем предполагать, что T_1 и T_2 зависят только от δ_1 и δ_2 соответственно.

Принимая указанное предположение, $T_{ц}$ можно представить как функцию только от двух переменных $T_{ц}(\delta_1, \delta_2)$ в виде трехмерного графика.

Если предположить, что $\delta_1 = \delta_2 = \delta$, то можно построить двумерные графики, например, в следующем виде (рис. 2):

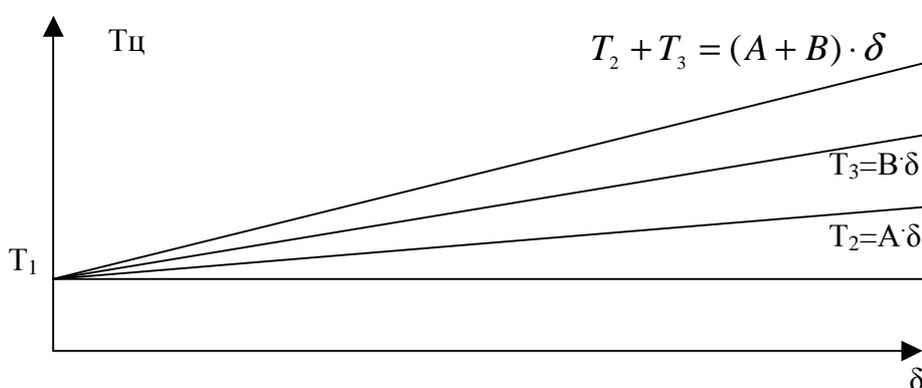


Рис. 2 Определение времени полного производственного цикла

Более точный расчет T_2 следует проводить с учетом задаваемых разных значений δ_2 для соответствующих групп операций, т.е. по формуле:

$$T_2 = \sum_{i=1}^m t_i \cdot \delta_i$$

где m – количество групп операций для устранения брака, i – номер группы, t – время на исправление брака в i -й группе операций, δ_i – доля изделий, отправленных на устранение брака после выполнения i -й группы операций.

Для линии сборки РЭА из опытных данных можно предположить, что $\delta_2 \in [0.01-0.05]$. Поэтому усреднение величины δ_2 по всем группам операций и по всей линии сборки может дать значительную ошибку, особенно при больших отличиях (размахах) значений $t_i \in [(0.1-6)]$ час].

Выводы

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- детерминирование представлении потоков обслуживания СП и времени обработки элементов потока оказывается неадекватным при проведении логистического анализа сборочного производства;

– сбор реальных исходных данных показал полезность и корректность вероятностного подхода для анализа функционирования сборочной линии; для этого можно использовать упрощенную вероятностную модель в виде сети Джексона, где каждое РМ представляется моделью М/М/1, либо соответствующим одноканальным эквивалентом, что дает возможность находить плотности и функции распределения времени пребывания и ожидания для отдельных элементов СП для некоторых групп РМ, а также для всей линии сборки в целом [5-6];

– вероятностная модель типа линейной сети Джексона может быть использована непосредственно с учетом соответствующих допущений (с учетом обратных связей при наличии брака для отдельных элементов или групп РМ, что зависит от расчетной схемы);

– в случае полного учета обратных связей можно проводить достаточно точный расчет линии сборки, принимая во внимание реальные значения процента брака для соответствующих рабочих мест;

– для более подробного анализа линии сборки целесообразно использовать имитационное моделирование, что может дать совместно с аналитическим моделированием существенно больше полезной информации, чем раздельное использование аналитического и программного моделирования.

Проведен логистический анализ сборочного производства РЭА с учетом отдельных составляющих производственного цикла. Особое внимание уделено затратам времени на систему автоматизированного контроля и исправление брака, которые оказывают существенное влияние на величину производственного цикла и качества выпускаемых изделий РЭА.

Список литературы

1. Управление предприятием радиопромышленности.: / Д.Д. Воейнов, Л.Г. Головач, Т.А. Горская и др.; Под ред. А.И. Кноля и Т.М. Лапшина. – М.: Высш. шк., 1987.-315с.
2. Организация и планирование радиотехнического производства / Под ред. Новикова В.Г., Коноваленко К.Д. – Х.: Выща шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1984.-272с.
3. Логистика: управление в грузовых транспортно-логистических системах: / Под ред. Л.Б. Миротина. – М.: Юристъ, 2002.-414с.
4. Логистика: / Под ред. Б.А. Аникина: 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2002.-368с.
5. Технический контроль в машиностроении: справочник проектировщика / Под общ. ред. В.Н. Чупрынина, А.Д. Никифорова, – М.: Машиностроение, 1987.-512с.
6. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. Пер. с англ./Пер. И.И. Грушко; ред. В.И. Нейман. – М.: Машиностроение, 1979.-432с.