

ЦИФРОВАЯ УНИФИКАЦИЯ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ИЗДЕЛИЯ, КАК ИНСТРУМЕНТ СНИЖЕНИЯ ТРУДОЕМКОСТИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИЗДЕЛИЯ

Слащев Е.С.

*кандидат технических наук,
доцент кафедры «КТМП» ИжГТУ имени М. Т. Калашикова,
Ижевск, Россия.*

*Директор ООО «Цифровые производственные системы»,
Ижевск, Россия*

Шиляев С.А.

*доктор технических наук,
профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашикова,
Ижевск, Россия*

Маликова Д.М.

*кандидат экономических наук,
доцент кафедры «Экономика и управление организацией»
ИжГТУ имени М. Т. Калашикова,
Ижевск, Россия*

Аннотация. В современном производстве стоит задача в снижении трудоемкости и себестоимости изделий. В статье приводится метод оценки эффективности внедрения баз данных унифицированных составных частей изделия путем моделирования производственной системы управления жизненным циклом, как системы, на вход которой поступают заявки на изготовление, а на выходе – конструкторско-технологическая документация. На примере рассмотрены вероятностные состояния системы жизненного цикла с учетом состояния системы с интенсивностью потока и с интенсивностью обслуживания заданного потока. Приведен пример моделирования и для данного примера выведены структурные формулы состояний одноканальной системы по времени. Обосновывается процесс моделирования системы цифрового дублирования составных частей изделия, как метод повышения производительности труда, снижения трудоемкости и себестоимости изделия. Опираясь на моделирование системы производственного процесса, путем расчетных составляющих возможно автоматизировать процесс поиска проблемных зон предприятия и организовать организационно-сетевое взаимодействие и кооперацию.

Annotation. In modern production, the task is to reduce the labour intensity and cost of products. The article provides a method for evaluating the effectiveness of implementing databases of unified component parts of a product by modeling the production life cycle management, as a system at the input of which requests for manufacturing are received, and the output are design and technological documentation. An example shows probabilistic states of the life cycle system taking into account the state of the system with the flow rate and with the service intensity of a given flow. A modeling example is given and the structural formulas of the state of a single-channel system in time are derived for it. The process of modeling a system of digital duplication of product components is substantiated as a method of increasing labor productivity, reducing the complexity and cost of a product. Based on the modeling of the production process system, it is possible to automate the process of searching for problem areas of the enterprise by means of calculation components, arrange organizational, and network interaction and cooperation.

Ключевые слова: жизненный цикл, теория массового обслуживания, унификация, цифровой двойник.

Key words: life cycle, queuing theory, unification, digital twin.

Введение

Предприятия России характеризуется значительным количеством аккумулированных операций внутри собственного производства [6-10]. При этом замкнутый цикл производства внутри предприятия характеризуется низкой производительностью труда, большим количеством накладных расходов и как следствие высокая конечная стоимость и трудоемкость. В связи с этим решением такой проблемы является кооперация и гибкая система автоматизированных расчетов.

При исследовании рациональной экономической моделей цифровой подготовки производства при управлении жизненным циклом изделия предлагается воспользоваться теорией массового обслуживания [1-5].

Рассматривая моделирование экономическо-производственного процесса обеспечения жизненного цикла изделия, как систему, на вход которой поступают заявки на изготовление, а на выходе – конструкторско-технологическая документация, получим возможность определения характеристики системы.

методика определения эффективности информационной системы производственных процессов

ориентированной на снижение трудоемкости и себестоимости управления жизненным циклом изделия предприятий

Например, на предприятие аккумулирующий полный производственный цикл, для автоматизации процесса стоит задача моделирования процесса разработки, изготовления и сопровождения, с обоснованием показателей эффективности кооперации или аутсорсинга

С целью информационного моделирования, по имеющимся значениям в базе данных вариантов исполнения работ и определения стоимости работ на каждом из этапов жизненного цикла, проводится оценка эффективности, с использованием заимствованных составных частей или аналогов. В большинстве случаев данная система будет иметь последовательный граф выполнения этапов работ. При этом информационное моделирование позволяет разработать методику по определению характеристики эффективности работы производственного процесса и вносить коррективы.

На рисунке 1 изображен граф состояний системы при моделировании подготовки производства и автоматизации процесса.

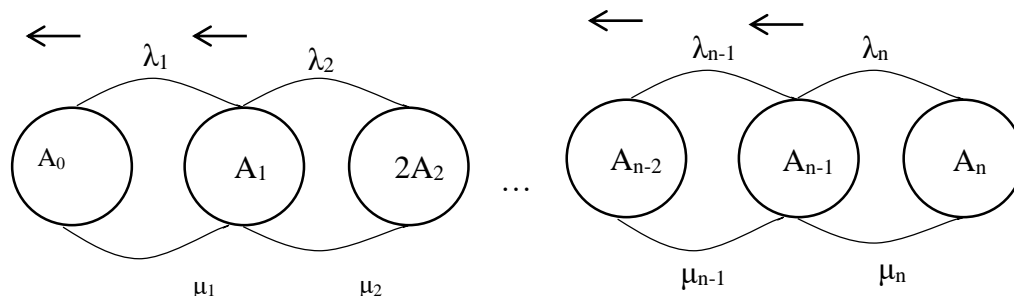


Рисунок 1 -Граф состояний системы модели жизненного цикла:

При помощи графического отображения, моделируется процесс жизненного цикла.

A_0 – отсутствие заявок;

A_1 – в системе находится одна заявка по которой проводится конструкторско-технологическая подготовка производства;

A_2 – в системе находится одна заявка на по которой проводится конструкторско-технологическая подготовка производства и заявка на моделировании технологического процесса изготовления;

A_n – в системе находится n заявок: остальные заявки $(n-1)$ стоят в очереди.

Решением данной задачи является сокращение сроков выполнения работ за счет заимствования информации с базы данных при подготовки производства. Стрелка слева на право показывает переход с интенсивностью λ и возвращает заявку в систему на предыдущий этап, справа налево – поток, обрабатывающий заявки с интенсивностью μ . Так, например, для четырех этапов работ среднее значение $\lambda=1/5$, $\mu=1/5$. При этом вероятность отработки заявок на каждом из этапов вычисляется по формуле 1:

$$p_0 = (1 + \lambda/\mu + \lambda^2/\mu^2 + \lambda^3/\mu^3 + \lambda^4/\mu^4)^{-1}; p_1 = \lambda/\mu \cdot p_0 = 1/5; \\ p_2 = \lambda^2/\mu^2 \cdot p_0 = 1/5; p_3 = \lambda^3/\mu^3 \cdot p_0 = 1/5; p_4 = \lambda^4/\mu^4 \cdot p_0 = 1/5, \quad (1)$$

где p_0 – вероятность состояния системы при отсутствии заявок на выполнения работ;

$p_1 \dots p_4$ – вероятности состояний системы при прохождении заявкой одного, двух, трех, четырех этапов работ;

$\lambda / \mu = 1$ – соотношение средних интенсивностей потоков.

Если в системе находится две заявки: одна заявка на определенном этапе заимствована, а вторая находится в состоянии подготовки, то время исполнения промежуточного этапа подготовки сокращается до 0, например при $p_1=0$ вероятность отработки заявок на каждом из этапов повышается до (см. формулу 2):

$$p_0 = (1 + \lambda^2/\mu^2 + \lambda^3/\mu^3 + \lambda^4/\mu^4)^{-1}; p_1 = 0; \\ p_2 = \lambda^2/\mu^2 \cdot p_0 = 1/4; p_3 = \lambda^3/\mu^3 \cdot p_0 = 1/4; p_4 = \lambda^4/\mu^4 \cdot p_0 = 1/4, \quad (2)$$

пример определения эффективности кооперационной производственной системы

Пусть задано количество элементов заимствованных из базы данных управления жизненным циклом на производстве: 30% - на этапе конструкторско-технологической подготовки, 20% - на этапе изготовления; 10% на этапе сопровождения

По вероятностным состояниям находятся характеристики эффективности создания базы данных элементов дублирования.

Среднее количество элементов дублирования в системе, шт., равно:

$$L_c = 0,5.$$

Среднее время сокращения подготовки производства, ед. времени, равно:

$$T_c = L / \lambda = 0,5 \cdot 1 / 5 = 0,1.$$

Коэффициент загрузки рабочего места конструктора (технолога), без заимствования элементов из баз данных:

$$\eta = 1 - p_0 = 1 - (1 + \lambda/\mu + \lambda^2/\mu^2 + \lambda^3/\mu^3 + \lambda^4/\mu^4)^{-1} \approx 0,2.$$

Коэффициент загрузки рабочего места конструктора (технолога), с заимствованием элементов из баз данных:

$$\eta = 1 - p_0 = 1 - (1 + 1,3\lambda/\mu + 1,2\lambda^2/\mu^2 + 1,1\lambda^3/\mu^3 + \lambda^4/\mu^4)^{-1} \approx 0,24$$

Производительность цифровой подготовки производства, шт./ ед. времени, без внедрения унификации и заимствования:

$$\Pi = (1 - p_0) / t_0 = 0,5.$$

После внедрения:

$$\Pi = (1 - p_0) / t_0 = 0,6$$

Производительность увеличилась на 10%. Максимальная очередь определяется из исходного значения этапов работ и составит $L_{\max} = 3$. По очереди определяются затраты на конструкторско-технологическую подготовку. При помощи умножения времени выполнения количества заявок среднего времени сокращения подготовки производства, находящихся в очереди, на их стоимость выявляются общая и остаточная суммы затрат по окончании работы. По среднему времени пребывания изделия в системе находится такт выпуска, который сравнивается с заданным временем.

Исследование моделей временных связей с различными соотношениями средних интенсивностей потоков позволило выявить структуры состояний систем и сформулировать два основных принципа рационального использования коопераций.

Первый принцип. Состояния системы с коэффициентом загрузки $\rho > 1$ характеризуются отношением вероятности промежутка времени пребывания заявки к общему периоду времени подготовки производства, в течение которого проходил процесс в системе. Данный принцип является оптимальным соотношением трудоёмкости и себестоимости изделия и характеризует высокую производительность предприятия в части конструкторско-технологической подготовки производства.

Например, для периода времени T_4 вероятности $p = 2 / 5$ отражают два состояния: первое – два изделия в системе, второе – три изделия в системе.

В случае, когда моделируемая система $\rho \leq 1$, то она характеризуется достаточным количеством цифровых дубликатов составных частей изделия

Второй принцип. Состояние одноканальной системы (цифрового предприятия) изменяется во времени после вхождения процесса в цикл по периодическому закону распределения вероятностей с нарастанием очереди заявок.

Заключение

Рассматриваемый процесс моделирования оценки состояния производственной системы является важной составляющей в части обеспечения кооперационной системы управления производственными процессами, который позволит повысить производительность труда, снизить трудоёмкость и себестоимость изделия. Опираясь на моделирование системы производственного процесса, путем расчетных составляющих позволит автоматизировать процесс поиска проблемных зон предприятия и организовать организационно-сетевое взаимодействие и кооперацию.

Список литературы

1. Ettl M., Feigin G.E., Lin G.Y., Yao D.D. A supply network model with base-stock control and service requirements. - Operation Research, 2000, № 48.
2. Justus N., Meyr H. Designing a Planning System for Suppliers of the Machine Building Industry. / Technical program of IFORS-2014 World Conference, Barcelona, 2014. - P. 3.

3. Евдокимов, А.В. Построение языка описания сложных объектов при проведении имитационного моделирования с использованием теории массового обслуживания // Обозрение прикладной и промышленной математики. - 2007, т. 14, вып. 6. - С. 1102.
4. Осетров, В.Г. Сборка в машиностроении, приборостроении. Теория технология и организация // В.Г. Осетров, Е.С. Слащев – Ижевск: Изд-во Ижевского института комплексного приборостроения, 2015. – 328 с.
5. Якимович, Б. А.; Осетров, В. Г. Размерные и временные связи в машиностроении [Text] : монография / Якимович Б. А. [и др.] ; М-во образования и науки РФ, Федер. агентство по образованию, ГОУ ВПО ИжГТУ. - Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2006. - 114 с.
6. Слащев, Е.С. Методология функционального проектирования процессов системы управления жизненным циклом изделия // Е.С. Слащев, В.Г. Осетров, Д.М. Маликова Интеллектуальные системы в производстве- 2019. т. 17. № 2. С. 88-92.
7. Власов С. Е., Райкин Л. И., Перенков С. А. Функциональное моделирование процессов проектирования и технологической подготовки производства радиоэлектронной аппаратуры // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2005. № 4. С. 66-72.
8. Маликова, Д.М. Комплексный подход к повышению ритмичности производства на предприятиях оборонно-промышленного комплекса/ Д. М. Маликова// Материалы VI Международной заочной научно-практической конференции. Актуальные вопросы развития национальной экономики, 2017. - Пермь: ПНИПУ, 2017 - С. 105-109.
9. Слащев, Е.С. Выбор организационной формы производственного процесса/Е.С.Слащев, Д. М. Маликова//ОРГАНИЗАЦИЯ И НОРМИРОВАНИЕ ТРУДА: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРАКТИКА Сборник научных трудов. Белорусский национальный технический университет; Учреждение «Научно-исследовательский институт труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь». Минск, 2018 Издательство: Белорусский национальный технический университет (Минск), 2018 - С 170-175
10. Осетров, В.Г. Выбор метода достижения точности замыкающего звена размерной цепи / В.Г. Осетров, Е.С. Слащев // Интеллектуальные системы в производстве, 2016 - №1 (28). - С. 55-58.