



Ссылка на статью:

// Ученые записки УлГУ. Сер. Математика и информационные технологии. УлГУ.Электрон. журн. 2018, № 1, с. 1-7.

Поступила: 18.05.2018

Окончательный вариант: 27.05.2018

© УлГУ

УДК 551+004.9

Имитационная модель динамики исчерпания ресурса за установленное время

Белинский И.А.^{1,*}

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

¹УлГУ, Ульяновск, Россия

Предмет данной работы - применение аналитических и имитационных методов теории случайных процессов для построения модели динамики исчерпания ресурса до установленного времени.

Ключевые слова: имитационное моделирование, теория случайных процессов, стратегия «точно в срок».

Введение

Проблема оптимизации производственных процессов берет свое начало в первом тысячелетии до нашей эры, когда в Индии для выплавки металла из железной руды повсеместно использовались сыродутные печи, имеющие крайне низкий КПД (из 3 килограмм крицы, получаемой в результате обжига железной руды, можно было получить лишь 1 кг металла, это при том, что половина выплавленного металла, окисляясь либо оставаясь в шлаке, приходила в негодность)[1]. Поиск решений данной проблемы являлась и является актуальной задачей до сих пор. В качестве примера можно привести Генри Форда, который в 1913 году, установив в своем сборочном цеху конвейерную ленту, добился повышения производительности труда в 4 раза [2].

Так же примером служит японский концерн Toyota. В XX веке в Японии господствовал ряд экономических ограничений на производстве (ввиду того, что рельеф японских островов преимущественно горный (более 75%)), что сказывалось на ценах на недвижимость, а так же у Японии было немного естественных ресурсов, что существенно отразилось на темпах и объемах производства местных предприятий. Так как главным сдерживающим фактором были именно большие площади земель, которыми владело предприятие, то идея оптимизации японского производства заключалась в сокращении используемых террито-

рий. Именно к такому выводу и пришли управляющий директор Toyota Эйджи Тойода и один из руководителей компании Тайити Оно. Так был создан и внедрен на все заводы японского концерна принцип производства «Just-In-Time»(или коротко «JIT»). Данный принцип гласил: «Выпускать только то, что нужно, когда нужно и только в нужном количестве», что достигалось путем гибкого планирования поставок производственных ресурсов напрямую в цеха. Это позволило сократить территории заводов, отведенные под склады, до минимума.

Нельзя утверждать, что построение производства по данному принципу принесет плоды в виде, допустим, сокращения времени производства одной условной единицы изделия. Так, например, в России вряд ли вставала проблема нехватки земли под нужды производства. Стоит понимать, что решение глобальных задач далеко не является шаблонным. Но, если взглянуть с другой стороны, эти решения можно применять не только в производственных процессах предприятий, фабрик и заводов, но и в любой другой сфере деятельности, основной специализацией которой является планирование.

В данной статье пойдет речь об описании концепции производства «JIT» математическим языком, то есть о построении математической и имитационной модели данного процесса, а так же будет приведен пример работы программы, функционал которой позволяет визуализировать данный процесс.

1. Объект моделирования

Объектом моделирования является логистическая составляющая любого процесса производства. Сам процесс производства в общем виде проиллюстрирован на Рис. 1.1.

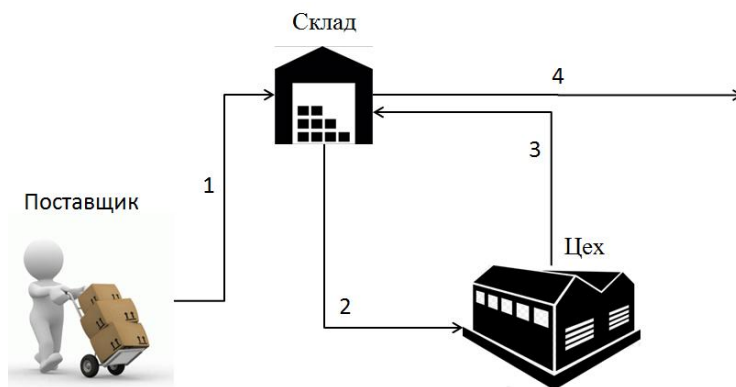


Рис. 1.1. Логистика ресурса в процессе производства. 1 – поставки ресурса, 2 – доставка ресурса в цеха, 3 – складирование обработанного ресурса, 4 – поставка ресурса в другие цеха либо непосредственному заказчику.

Становится очевидным тот факт, что самым загруженным узлом данной цепи является объект «Склад». Оптимизировать данный процесс можно подчинив его концепции производства «JIT» (или коротко «JIT»). Процесс после оптимизации изображен на **Рис. 1.2**.

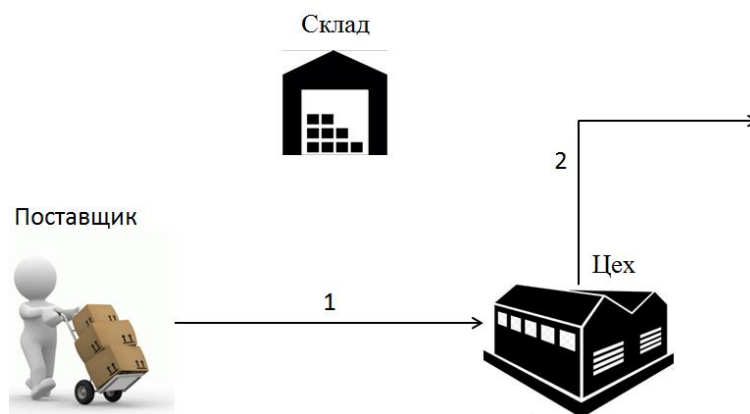


Рис. 1.2. Логистика ресурса в процессе производства, построенному согласно концепции «ЛТ»

2. Математическая модель

В качестве математической модели, которая максимально точно описывает языком формул логистические процессы производства, был выбран процесс в обратном времени.

$$D_t = N - X_t \quad (1)$$

где D_t – процесс в обратном времени, N – начальное значение процесса, X_t – пуассоновский процесс с компенсатором

$$\widetilde{X}_t = \sigma \int_0^t \frac{\pi_s}{T-s} ds \quad (2)$$

где π_t – процесс Пуассона, T – время моделирования процесса.

Параметр σ является коэффициентом регулирования динамики расхода ресурса. Если параметр σ принимает значение больше единицы, то процесс D_t достигнет нулевой отметки гораздо раньше, чем если бы он принимал значение меньше единицы

Одной из главных задач при моделировании данного процесса является моделирование процесса Пуассона. Способов моделирования данного процесса достаточно много [3, 4, 5].

Стоит заметить, что метод, реализованный по алгоритму, описанному в блок-схеме на рис. 2.2, имеет самую лучшую скорость генерации значений процесса по сравнению с остальными приведенными.

Блок-схема моделирования процесса в обратном времени представлена на рис. 2.4.

Стоит также отметить, что модель процесса на формуле (1) и компенсатор (2) представлены в непрерывном времени. Компьютерному моделированию подвергаются математические модели, представленные в дискретном времени. Так как основной задачей моделирования данного процесса является расчет компьютером значения компенсатора (2), то данная формула в дискретном времени выглядит так

$$\widetilde{X}_t = \frac{\delta \cdot \pi_t}{T-t} \cdot \Delta t, \quad (3)$$

где δ – коэффициент регулирования, π_t – значение процесса Пуассона в момент времени t , T – время моделирования, Δt – шаг дискретизации процесса.

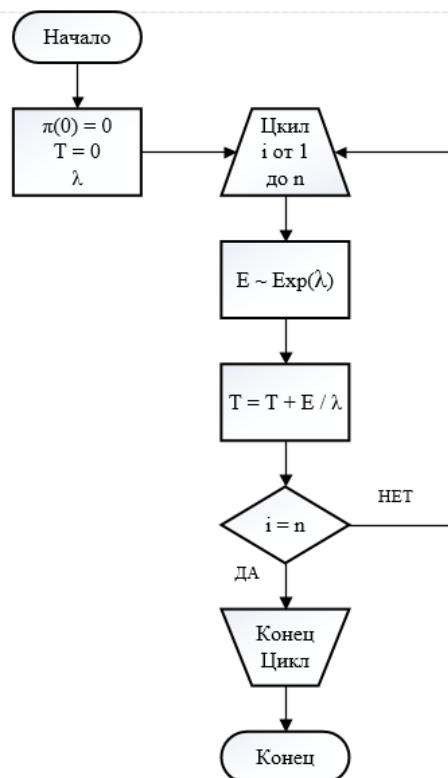


Рис. 2.1. Блок-схема моделирования процесса Пуассона через экспоненциальное распределение

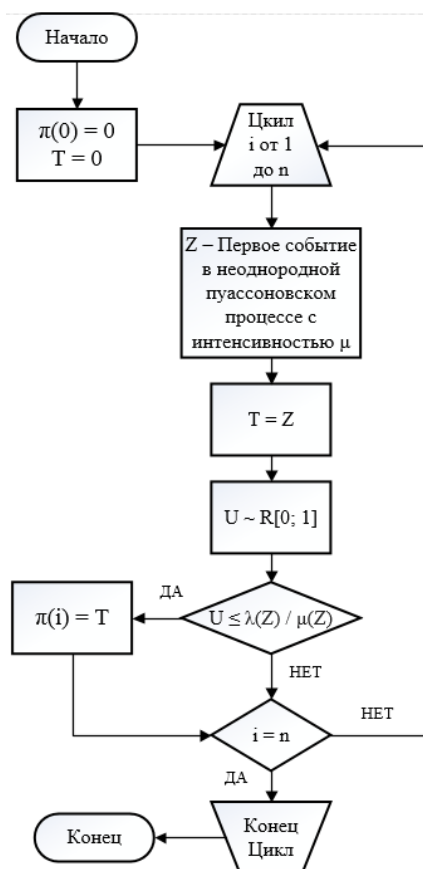


Рис. 2.2. Блок-схема алгоритма моделирования процесса Пуассона по принципу утоньшения

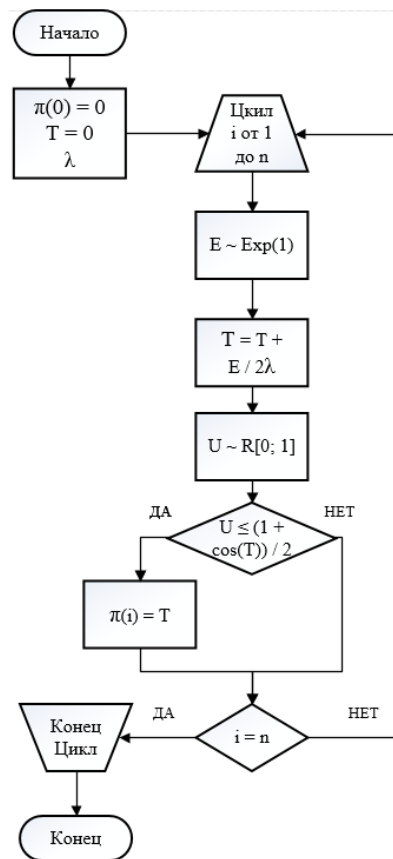


Рис. 2.3. Блок-схема алгоритма моделирования процесса Пуассона по принципу циклической интенсивности

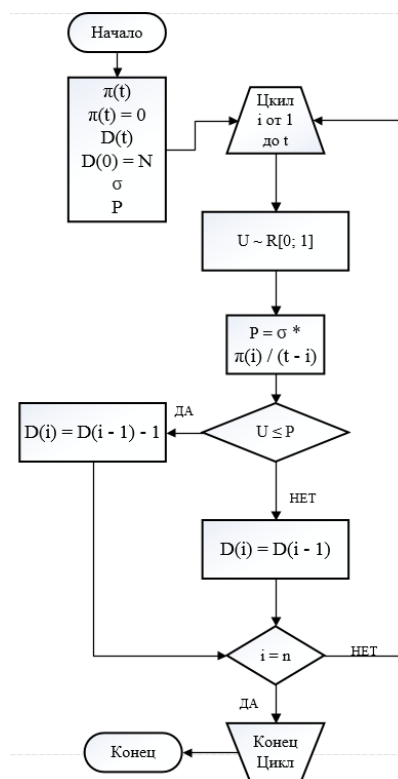


Рис. 2.4. Блок-схема алгоритма моделирования процесса в обратном времени

3. Компьютерное моделирование

Для написания программы, которая отображала бы графики траекторий процесса исчерпания ресурса до установленного времени, выбран язык С# за его несомненные плюсы: объектная ориентированность и многофункциональность. В качестве среды разработки выбран программный продукт «VisualStudio 2012» от компании «Microsoft» на платформе «NetFramework 4.5». Пакет программ и расширений специально подобран таким образом, чтобы конечный продукт смог работать на большинстве компьютеров (программа запустится на 32х и 64х разрядных операционных системах Windows 7 и выше. Это означает, что программа запустится у 95,9% пользователей операционной системы Windows [6]).

Далее представлены несколько реализаций работы программы при различных значениях параметров.

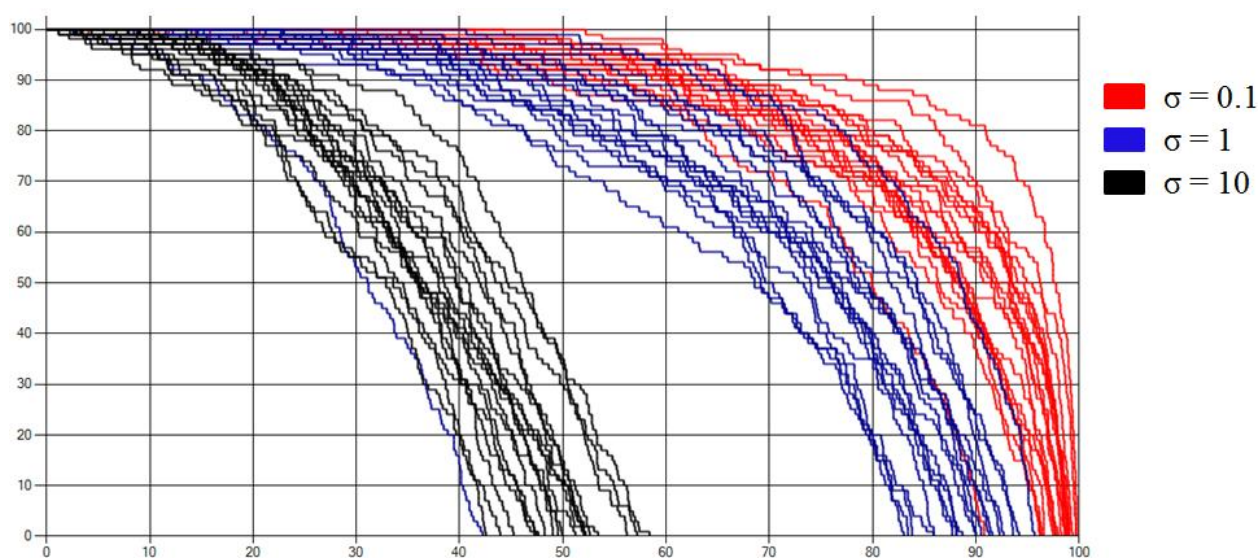


Рис. 3.1. Отображение 60 траекторий процесса исчерпания ресурса в объеме $N = 100$ условных единиц за время $T = 100$ рабочих дней при различных значениях параметра σ

На рис. 3.1 отображена следующая ситуация: за $T = 100$ рабочих дней (имеется ввиду восьмичасовой рабочий день) необходимо собрать 100 двигателей. Как можно наблюдать, при различных значениях σ процесс исчерпания ресурса ведет себя по-разному. При значениях σ меньше единицы процесс будет достигать своей нулевой отметки (примет значение 0) в моменты времени достаточно близкие к T . При значении параметра σ больше, чем единица, наблюдается обратная ситуация. При значении параметра $\sigma = 1$ процесс является в своем роде оптимальным, так как избегается простой оборудования в начале процесса исчерпания ресурса и не допускается сильный износ при его задействовании ближе к концу выполнения рабочего плана. И наоборот. Однако в теории данный процесс считается оптимальным при достаточно малом значении параметра σ , но на практике все обстоит так, как описано чуть выше.

Также стоит отметить, что в данной модели рассматривается только планирование исчерпания ресурса, то есть построение плана-графика производства. В ней не учтены раз-

личные человеческие факторы (например: расторжение договоров с поставщиками или заказчиками). При составлении плана-графика данная программа укажет, в какие моменты времени (день, час) следует выпускать одну условную единицу продукции или тратить одну условную единицу ресурса.

4. Заключение

Нельзя сказать, что концепция производства «Just-In-Time» является современной и актуальной разработкой по оптимизации производственных процессов. Наряду с ней в XX веке той же корпорацией Тойоты были разработаны такие методы оптимизации производства как «Канбан» и «Кайдзен», которые на данный момент входят в производственную систему Тойоты. Однако программная реализация данного производственного процесса позволяет в сжатые сроки спланировать достаточно большой объем работ.

Большинство европейских, американских и японских предприятий уже давно внедрили концепцию «JIT» в свои производства. Однако только на единицах российских предприятиях только пытаются внедрить данную методику производства, и еще меньше ее все-таки внедрили. Отличным примером внедрения данной концепции служит ульяновский автомобильный завод: после реорганизации процесса производства была достигнута экономия времени на 20% [7].

Кроме того, согласно указу президента Российской Федерации от марта 2018 года, экономике нашей страны необходимо войти в пятерку лучших экономик мира. А так как экономика страны базируется на производстве, то считаю, что предмет данной статьи является одним из способов выполнения поставленной задачи.

Список литературы

1. *Словари и энциклопедии* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/31470>.
2. *Познай мир* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.webmechta.com/history/710-konveyer-genri-forda>.
3. J.F.C. Kingman. *Poisson Processes. Oxford studies in probability – 3*. Clarendon Press. Oxford, 1993.
4. Luc Devroe. *Non-Uniform Random Variate Generation. School of Computer Science McGill University*. NY: Springer-Verlag, 1986.
5. ГОСТ 19.701-90 *Схемы алгоритмов, программ, данных и систем*.
6. Информационный портал "Comss" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.comss.ru/page.php?id=4947>.
7. *Управление производством. Производственные системы в России и в мире* [Электронный ресурс]. Альманах. Режим доступа: <http://www.up-pro.ru/encyclopedia/just-in-time.html>.
8. К. Деллашери. *Емкости и случайные процессы*. М.: Издательство «Мир», 1975.