

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
РОЗЛИВА ВИНА В НОТАЦИИ BPMN
FUNCTIONAL MODEL OF THE WINE BOTTLING PROCESS IN BPMN
NOTATION**

Евдокимова С.А., к.т.н., доцент

Новикова Т.П., к.т.н., доцент

Исмаилов Д.М., магистрант

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

evdsv@mail.ru

Evdokimova S.A., CSc (Engineering), Associate Professor

Novikova T.P., CSc (Engineering), Associate Professor

Ismailov D.M., Master's student

FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov»

Voronezh, Russian Federation

Аннотация: В статье представлена функциональная модель процесса розлива вина в бутылку в нотации BPMN, которая была разработана для определения эффективности технологического процесса в ООО «Евпаторийский завод классических вин». Имитационное моделирование проведено в системе BussinessStudio.

Abstract: The article presents a functional model of the wine bottling process in BPMN notation, which was developed to determine the effectiveness of the technological process at LLC «Evpatoria Classic Wine Factory». The simulation was carried out in the Business Studio system.

Ключевые слова: функциональная модель, имитационное моделирование, нотация BPMN, технологический процесс, BusinessStudio.

Keywords: functional model, simulation modeling, BPMN notation, technological process, Business Studio.

Для улучшения организации технологических процессов и повышения производительности труда необходимо постоянно модернизировать оборудование, внедрять современные технологии, направленные на оптимизацию бизнес-процессов. Для этого следует проводить анализ бизнес-процессов на предприятии, используя моделирование технологических процессов, аналитические расчеты системы поддержки принятия решений [1-4].

Одним из современных средств исследования сложных систем и процессов является имитационное моделирование, которое заключается в разработке модели поведения элементов сложной системы или процесса для изучения их свойств [4-7]. Имитационное моделирование применяется в случаях, когда значения некоторых свойств имеют случайный характер, поэтому проведение экспериментов с реальными процессами или системами невозможно или очень дорого [6-8]. Для реализации имитационного моделирования применяют программные системы AnyLogic, Arena, BusinessStudio и другие [9].

Для расчета производительности технологической линии розлива вина в бутылку в ООО «Евпаторийский завод классических вин» разработана функциональная модель процесса в нотации BPMN (рисунок 1). Стартовым событием является подача вина из цеха на разливочную линию. Модель включает 3 организационных дорожки – Оператор узла нагрева, Оператор узла розлива, Оператор упаковочной линии, которые отвечают за подпроцессы: Пастеризация, Розлив, Укупорка бутылок, Упаковка бутылок в ящики.

Для отражения составных этапов рассматриваемого процесса используются именно подпроцессы, а не задачи, так как они имеют определенные повторяющиеся действия. График работы временных ресурсов – 5 дней в неделю с 9:00 до 18:00, перерыв с 13:00 до 14:00.

Стартовыми событиями являются Вино подано и Пустые бутылки поданы, которые наступают в течение рабочего дня постоянно каждые 10 мин. Вино подается из напорного отделения насосом постоянно в пастеризатор, пустые бутылки по конвейерной линии подаются к автомату стерилизации бутылок. Стартовые события в модели описываются параметрами, которые приведены в таблице 1. Интервал наступления событий выбран 10 мин, потому что вино пастеризуется 10 мин, и начинается процесс розлива в бутылки.

Длительность других операций в модели рассматриваемого процесса принята за 5 мин, чтобы не было большой задержки наступления событий. Исходя из параметров оборудования определено количество производимой продукции, но оно варьируется в пределах некоторого интервала, т.е. в общем слу-

чае является случайной величиной, которая определяется по непрерывному распределению на определенном интервале.

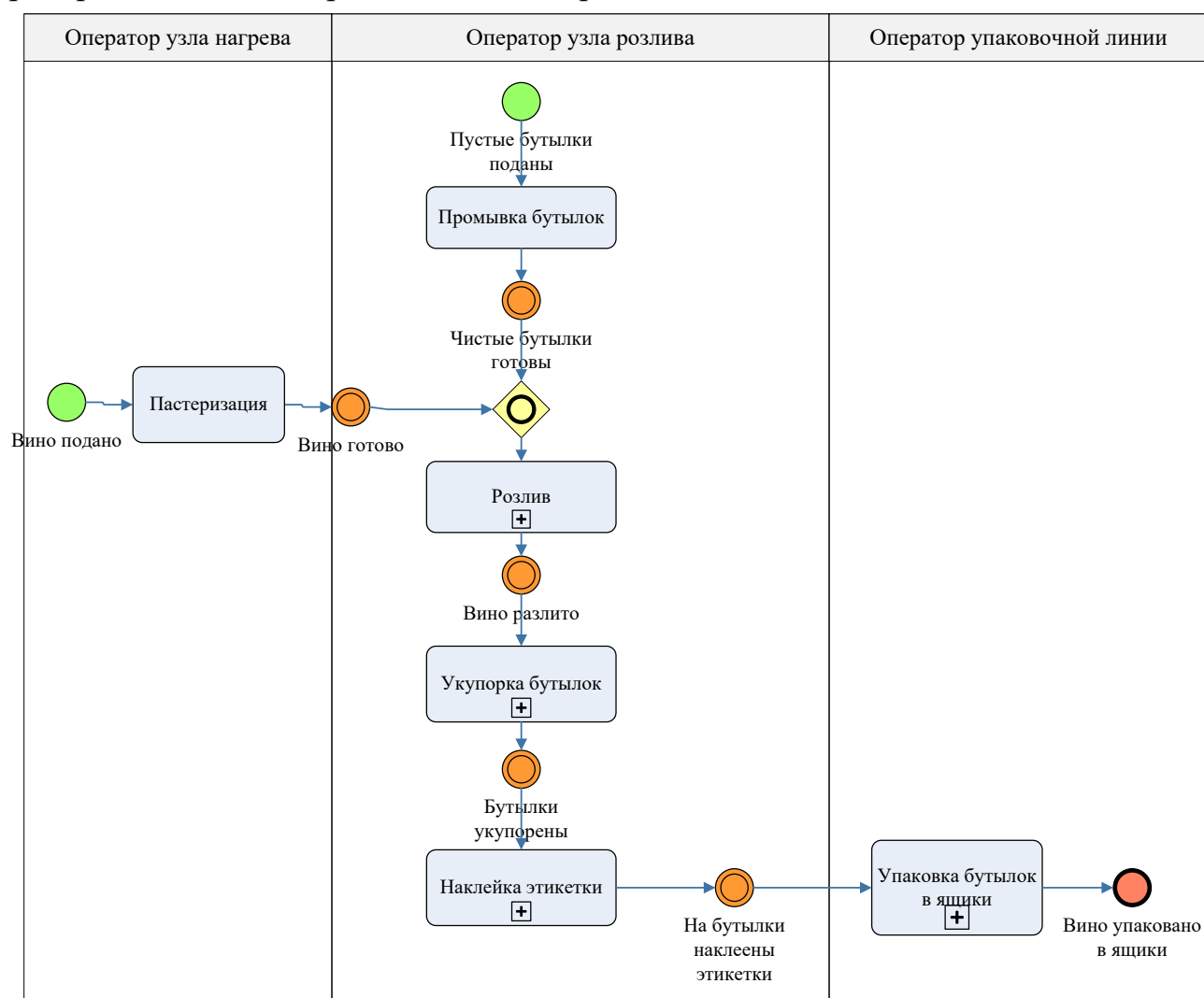


Рисунок 1 – Модель процесса розлива вина в бутылку

Таблица 1 – Параметры наступления стартовых событий модели

№	Наименование события	Интервал появления события	Закон распределения времени наступления события
1	Вино подано	Сутки (базовый календарь)	Константа (0:10:00)
2	Пустые бутылки поданы	Сутки (базовый календарь)	Константа (0:10:00)

Используемые ресурсы и производимые продукты приведены в таблице 2.

Для выполнения имитационного моделирования использовалась система бизнес-моделирования BusinessStudio, которая поддерживает нотацию BPMN и выполняет учет временных, материальных и стоимостных ресурсов [10]. Для со-

зданных графических моделей созданы роли Оператор узла нагрева (1 экз.), Оператор по розливу (2 экз.), Оператор упаковочной линии (2 экз.).

Таблица 2 –Параметры подпроцессов модели розлива вина в бутылку

№ п/п	Подпроцесс	Длительность, мин	Используемые ресурсы	Количество	Производимые продукты	Количество
1	Пастеризация	10			Вино, л	700
2	Промывка бутылок	10			Чистые бутылки, шт.	(760; 800)
3	Розлив	5	Вино, л	(285;300)	Бутылки вина, шт.	(380;400)
			Чистые бутылки, шт.	(380;400)		
4	Укупорка бутылок	5	Бутылки вина, шт.	(375;390)	Бутылки с пробками, шт.	(375;390)
5	Наклейка этикетки	5	Бутылки с пробками, шт.	(340;350)	Бутылки с этикетками, шт.	(340;350)
6	Упаковка бутылок в ящики	5	Бутылки с этикетками, шт.	(324;336)	Ящики с вином, шт.	(27;28)

Согласно разработанной модели, приведенной на рисунке 1, процесс розлива вина в бутылку состоит из следующих операций: Пастеризация, Промывка бутылок, Розлив, Укупорка бутылок, Наклейка этикетки и Упаковка бутылок в ящики. Если модель BPMN рассматриваемого процесса будет состоять только из последовательности операций (задач), то, как только начнется стартовое событие, будут запущены все экземпляры операций в процессе. Это в итоге даст неправильный результат. Поэтому между операциями были добавлены промежуточные события, которые означают окончание выполнения конкретного экземпляра операции и показывают выполнение операций с течением времени.

Чтобы не было остатков вина и бутылок в конце рабочего дня подпроцесс Пастеризация и Промывка бутылок должны заканчиваться раньше на 20 мин.

В BusinessStudio были проведены имитации поведения созданной модели процесса розлива вина в бутылку. Время имитации процесса – 1 рабочий день (т.е. 8 ч), а шаг моделирования – 5 мин. Поскольку параметры процессов случайные величины, то было проведено 10 имитаций.

Сравнив полученные данные, пришли к выводу, что значения случайных величин соответствуют заданным параметрам.

Точность результатов имитационного моделирования характеризуется погрешностью измерений выходных данных или отклонением значения величины от ее действительного значения. Относительная погрешность определяется по формуле:

$$\delta_i = \frac{|x_i - \bar{x}|}{\bar{x}},$$

где $\bar{x}$ – среднее арифметическое значение результатов n измерений;

x_i – значение i -ого параметра;

$i \in [1, n]$, n – количество периодов.

Таким образом, производительность линии розлива вина в бутылку в разработанной модели BPMN равна 3751,5 бут/ч, что соответствует данным ООО «Евпаторийский завод классических вин». Относительная погрешность расчетов не превышает 1%. При проведении модернизации технологической линии можно использовать представленную функциональную модель.

Список литературы

1. Выбор критерия оптимальности при принятии управленческих решений в сложных технических системах / А. В. Скрыпников, И. А. Высоцкая, С. А. Евдокимова [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 120-128. – DOI: 10.12737/2219-0767-2024-17-1-120-128.
2. Высоцкая, И. А. Поиск множества допустимых управленческих решений в технических системах / И. А. Высоцкая // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 35-42. – DOI: 10.12737/2219-0767-2024-17-1-35-42.
3. Евдокимова, С.А. Имитационное моделирование процесса рассмотрения обращений граждан / С.А. Евдокимова, Д.Н. Драгина // Моделирование систем и процессов. – 2018. – Т. 11, № 3. – С. 15-24.
4. Новикова, Т.П. Разработка алгоритма и модели функционирования информационной системы для малого сельскохозяйственного предприятия / Т.П.

Новикова, Т.В. Новикова, А.И. Новиков // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, № 4. – С. 53-58.

5. Бойко, А.А. Имитационное моделирование: виды и области применения / А.А. Бойко, С.А. Евдокимова, Т.П. Новикова // Новые аспекты моделирования систем и процессов : сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2023. – С. 18-26.

6. Имитационное моделирование деформативных показателей ведомственных автомобильных дорог, укрепленных шлакосиликатным вяжущим / И. А. Викулин, В. В. Зиновьева, О. С. Никульчева [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 24-31. – DOI: 10.12737/2219-0767-2024-17-2-24-31.

7. Имитационная модель подбора акций при количественном инвестировании / Т.П. Новикова, С.А. Евдокимова, У. Гоцуй, А.И. Новиков // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 3. – С. 81-84.

8. Новикова, Т.П. Разработка алгоритма и модели функционирования информационной системы для платного отделения стоматологической поликлиники / Т.П. Новикова, А.А. Бодин, С.А. Евдокимова // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 1. – С. 51-58.

9. Бойко, А.А. Анализ применения систем бизнес-моделирования для имитационного моделирования / А. А. Бойко, С. А. Евдокимова // Перспективные аспекты моделирования систем и процессов : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. - Воронеж, 2023. - С. 253-260.

10. Business Studio: управление бизнесом, бизнес-моделирование, описание, регламентация и оптимизация бизнес-процессов. – URL: <https://www.businessstudio.ru/> (дата обращения: 28.02.2025).

References

1. Selection of the optimality criterion in making managerial decisions in complex technical systems / A.V. Skrypnikov, I. A. Vysotskaya, S. A. Evdokimova [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 120-128. – DOI: 10.12737/2219-0767-2024-17-1-120-128.

2. Vysotskaya, I. A. The search for a set of acceptable management solutions in technical systems / I. A. Vysotskaya // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 35-42. – DOI: 10.12737/2219-0767-2024-17-1-35-42.

3. Evdokimova, S.A. Simulation modeling of the process of considering citizens' appeals / S.A. Evdokimova, D.N. Dragina // Modeling of systems and processes. - 2018. – Vol. 11, No. 3. – Pp. 15-24.

4. Novikova, T.P. Development of an algorithm and a model of functioning of an information system for a small agricultural enterprise / T.P. Novikova, T.V. Novikova, A.I. Novikov // Modeling of systems and processes. – 2020. – Vol. 13, No. 4. – Pp. 53-58.

5. Boyko, A.A. Simulation modeling: types and fields of application / A.A. Boyko, S.A. Evdokimova, T.P. Novikova // New aspects of modeling systems and processes : proceedings of the International Scientific and Practical Conference. – Voronezh, 2023. – Pp. 18-26.

6. Simulation modeling of deformative parameters of domestic highways reinforced with cinder-silicate binder / I. A. Vikulin, V. V. Zinovieva, O. S. Nikulcheva [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – Pp. 24-31. – DOI: 10.12737/2219-0767-2024-17-2-24-31.

7. Imitation model of stock selection in quantitative investing / T.P. Novikova, S.A. Evdokimova, U. Gotsui, A.I. Novikov // Scientific and Technical Bulletin of the Volga region. – 2023. – No. 3. – Pp. 81-84.

8. Novikova, T.P. Development of an algorithm and a model of functioning of an information system for a paid department of a dental clinic / T.P. Novikova, A.A. Bodin, S.A. Evdokimova // Modeling of systems and processes. – 2021. – Vol. 14, No. 1. – Pp. 51-58.

9. Boyko, A.A. Analysis of the application of business modeling systems for simulation modeling / A. A. Boyko, S. A. Evdokimova // Promising aspects of modeling systems and processes : a collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. –Voronezh, 2023. – Pp. 253-260.

10. Business Studio: business management, business modeling, description, regulation and optimization of business processes. – URL: <https://www.businessstudio.ru> / (date of access: 28.02.2025).