

DOI: 10.12737/111992

УДК 630

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ
ЛЕСНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

О. И. Васильев¹

Ю. А. Корныльева¹

1 – Федеральное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

На таких объектах лесной инфраструктуры, как комплекс селекционный с теплицами, требуется особый уровень управления при его эксплуатации, ввиду высокой уязвимости системы и зависимости от сезонной вариации. Как и любому предприятию, лесному селекционно-семеноводческому центру (ЛССЦ) необходимо оптимизировать свои процессы. Реинжиниринг процессов такого предприятия подразумевает предварительный расчет всех рисков и четко проработанный план действий обслуживающего персонала. Ментальные модели, которые часто используются управленцами в практике для оптимизационных мероприятий, далеко не всегда дают тот результат, который ожидается. В этом случае требуется детальная проработка и подготовка с целью исключения возникновения всевозможных рисков и затрат. Возникает необходимость использования иных инструментов управления, способных решать сложные задачи по оптимизации деятельности предприятия. В статье рассмотрена возможность применения современного и быстро развивающегося инструмента управления – имитационного моделирования, позволяющего получать подробную статистику о различных аспектах функционирования системы в зависимости от входных данных. Описаны основные подходы имитационного моделирования: системная динамика, дискретно-событийное моделирование и агентное моделирование. Обоснованы задачи ЛССЦ, требующие решения с помощью имитационного моделирования. Приведены примеры задач в других направлениях лесного хозяйства, которые могут быть решены с помощью данного инструмента. Рассмотренный метод является эффективным инструментарием в вопросах оптимизации управления объектами лесной инфраструктуры, поскольку позволяет создавать модели объектов, имитировать процессы жизненного цикла, проводить эксперименты с изменением различных параметров и получать требуемые результаты, необходимые для выработки оптимизационных мероприятий.

Ключевые слова: лесная инфраструктура, лесной селекционно-семеноводческий центр, имитационное моделирование, оптимизация.

SIMULATION OF MANAGEMENT SYSTEMS OF FOREST INFRASTRUCTURE

O. I. Vasilyev¹

Yu. A. Kornilyeva¹

1 – Federal Budget Establishment «Saint-Petersburg Forestry Research Institute»,
Saint-Petersburg, Russian Federation

Abstract

In such forest infrastructure facilities, as a complex breeding with greenhouses, it requires a special level of control during its operation, because of the high vulnerability and dependence on seasonal variations. As well as any business, forestry breeding and seed center need to optimize its processes. Process reengineering of the enterprise assumes all risk estimation and well-researched plan staff. Mental models, which are often used in the practice of managers for optimization measures do not always give the results that are expected. In this case requires detailed study and preparation in order to avoid the emergence of all kinds of risks and costs. There is a need to use other management tools capable of solving complex problems of optimization of the enterprise. The article considers the possibility of a modern and rapidly developing management tools – simulation, allows to obtain detailed statistics on various aspects of the system, depending on the input data. The basic modeling approaches: system dynamics, discrete-event simulation, and agent-based modeling. Forestry breeding and seed center problem to be solved with the help of simulation are substantiated. Examples of problems in other areas of forestry, which can be solved with the help of this tool, are given. This method is an effective tool in matters of optimization of management of objects of forest infrastructure as it allows to create models of objects to imitate life cycle processes, experiment with changing the different parameters and get the desired results required for the development of optimization measures.

Keywords: forest infrastructure, forest breeding and seed production center, simulation, optimization.

Общепринятое понятие производственной инфраструктуры или инфраструктуры предприятия предполагает совокупность зданий, сооружений, инженерных систем, производственного оборудования, коммуникаций, транспорта, персонала и т.д. Из приведенных в перечне объектов лесной инфраструктуры, утвержденном распоряжением правительства РФ от 17 июля 2012 г. №1283-р, можно выделить как минимум две категории объектов, относящиеся к производственной и обеспечивающей инфраструктуре [1]. Если для вспомогательной инфраструктуры,

возможно, не всегда требуется постоянный контроль и управление, то для производственной инфраструктуры необходима единая система управления. Любая производственная инфраструктура имеет жизненный цикл, который можно представить в виде временной шкалы (рис. 1).

Из этой шкалы видно, что отрезок этапа эксплуатации имеет самый длительный период, однако зачастую управляется недостаточно эффективно, а при проектировании его длительность часто завышена или вовсе не учитывается. На таких объектах лесной

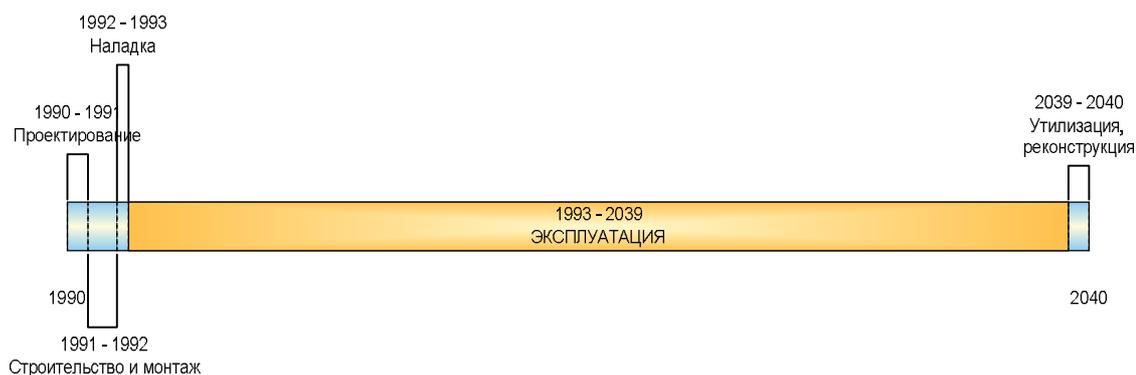


Рис. 1. Временная шкала жизненного цикла производственной инфраструктуры

инфраструктуры, как комплекс селекционный с теплицами, требуется особый уровень управления при его эксплуатации, ввиду высокой уязвимости системы и зависимости от сезонной вариации. Так, например, при планировании загрузки производственной мощности на сезон, необходимо производить планово-предупредительные работы по диагностике инженерных систем и оборудования, ввиду сокращения риска возникновения отказа, последствия от которого могут пагубно сказаться на удовлетворении сезонного спроса на посадочный материал. Кроме того, инфраструктура предприятия достаточно инерционна, и если при совершенствовании технологии или увеличении объемов производства потребуется расширение мощности или реконструкция, то это будет требовать существенной проработки последовательности действий. В этом случае реинжиниринг подразумевает предварительный расчет всех рисков и четко проработанный план действий обслуживающего персонала.

Управление такими объектами или процессами может быть реализовано на основе систем поддержки принятия управленческих решений. К таким системам могут относиться как информационные, так и тео-

ретико-методические инструментари. В качестве одного из наиболее эффективных инструментариев для управления объектами лесной инфраструктуры стоит рассматривать систему сбалансированных показателей (ССП) [2, 3, 4]. Эта система позволяет перевести стратегию на уровень операционной деятельности компании. Кроме того, это контроль ключевых показателей эффективности деятельности предприятия с учетом целей каждой выбранной внутри организации области (финансы, кадры, производство, клиенты). В качестве примера представим стратегическую карту объекта лесного секционно-семеноводческого центра (ЛССЦ), на которой отображены основные сферы деятельности, цели относительно этих сфер и индикаторы, влияющие на достижение этих целей (рис. 2).

Изменения процессов управления или функционирования инфраструктуры, а также упомянутый ранее реинжиниринг, могут быть смоделированы, если есть вероятность ошибочного расчета. Ментальные модели, которые часто используются управленцами в практике, далеко не всегда дают тот результат, который ожидается. В этом случае представляется целесообразным применение имитационного моделирования для наиболее де-

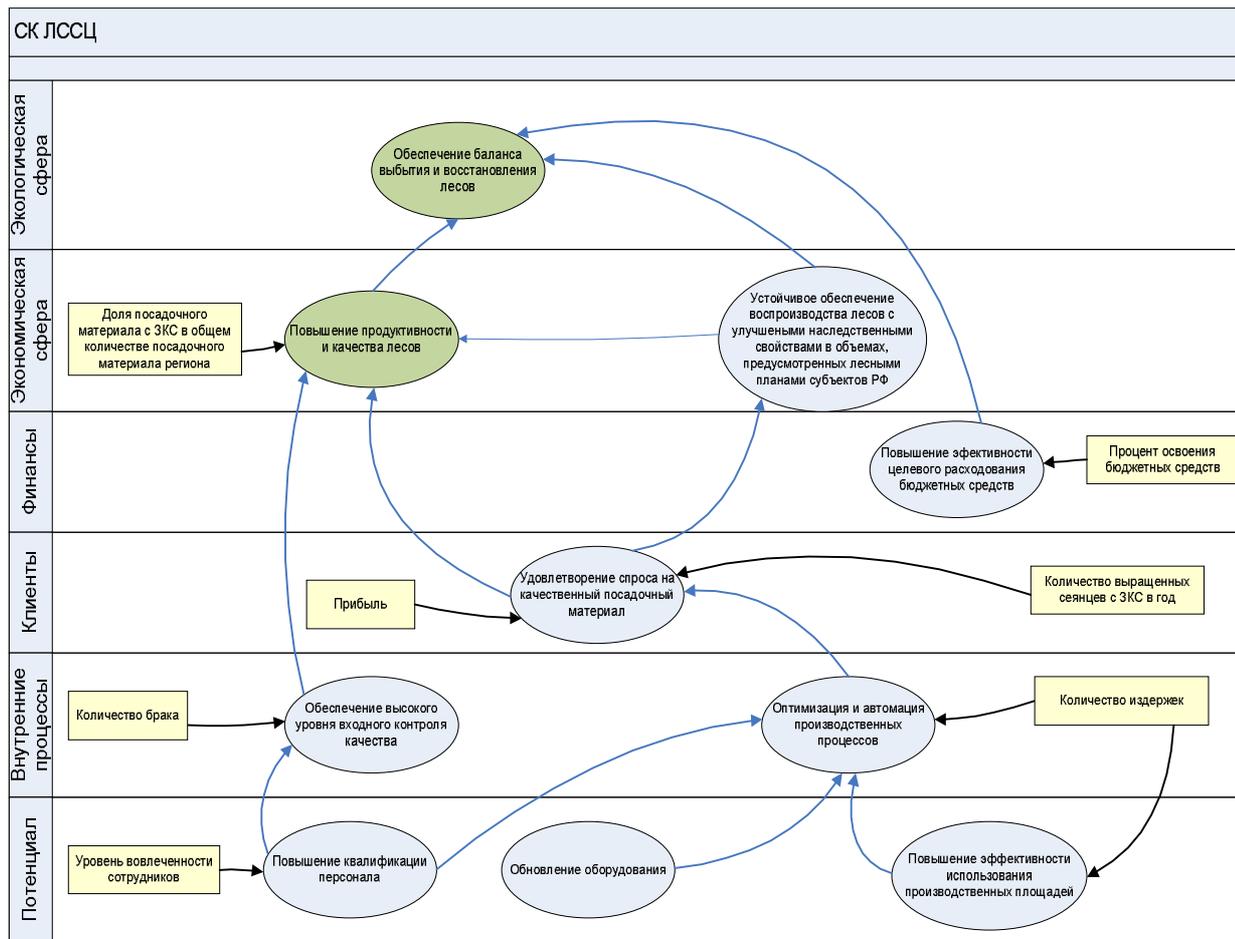


Рис. 2. Стратегическая карта ЛССЦ

тального представления результатов работы будущей системы. Компьютерное моделирование на сегодняшний день пользуется особым успехом у компаний, которым часто приходится адаптироваться к изменениям рынка информационных технологий, так как смена жизненных циклов таких предприятий стремительно растет. Как и любому предприятию, ЛССЦ необходимо оптимизировать свои процессы, хотя бы с целью сокращения затрат или обеспечения высокого качества посадочного материала.

Нельзя не учитывать и процессный подход в управлении такими объектами лесной инфраструктуры, ведь он включает в себя не только управление производством, как основным процессом, но и управление вспо-

могательными процессами, такими как инфраструктурное обеспечение.

Любая система может быть оптимизирована до уровня ее рентабельности. Но здесь возникает вопрос величины рассматриваемой системы. Для малых систем зачастую достаточно несложная оптимизация, предложенная на основе ментальной модели. Например, ФБУ «СПбНИИЛХ» предложило реструктуризацию размещения оборудования в производственной цепи ЛССЦ в г. Луга. Изначально кассеты для выращивания посадочного материала подвозились погрузчиком к конвейеру и складировались в непосредственной близости. Далее кассеты выставлялись рабочим на конвейер, где впоследствии наполнялись субстратом (рис. 3).

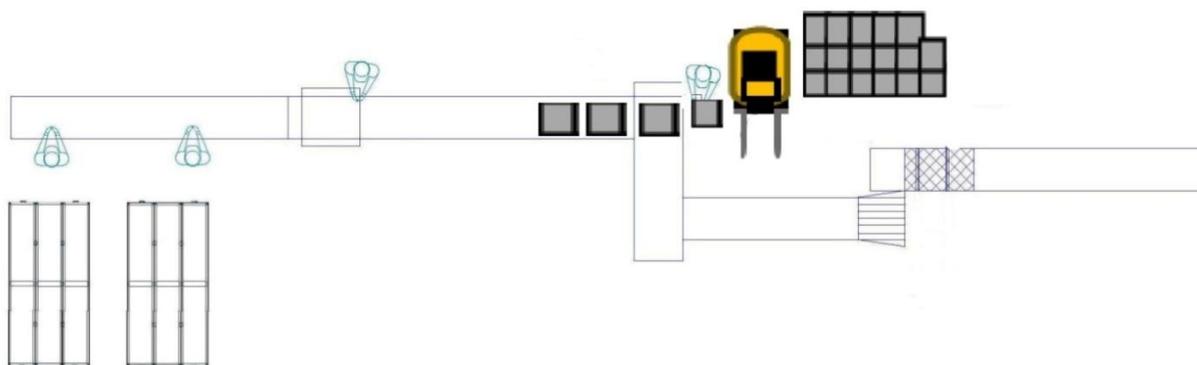


Рис. 3. Производственная цепь до реструктуризации

Данный способ подачи кассет был неудобным, ввиду ограниченности пространства вокруг производственной линии и высокого уровня загрузки ответственного за этот процесс работника. После реструктуризации размещение оборудования стало более логичным: добавилась линия подачи кассет (рис. 4, 5).

Существенно снизилась нагрузка на персонал и величина времени ожидания кассет. Теперь кассеты подаются прямо со склада, а работник успевает их спокойно выкладывать на конвейер.

Существует более высокий уровень оптимизации системы, при котором ментальной модели может быть недостаточно. В этом случае требуется детальная проработка и подготовка с целью исключения всевозможных рисков и затрат. Подразумевается, что инфраструктура ЛССЦ включает в себя, по меньшей мере, три производственных цикла, два из которых направлены на производство ресурсов, а один – на производство продукции:

1. Производство семян.
2. Производство субстрата.
3. Производство сеянцев.

Первые два цикла не имеют сильной зависимости от сезона и могут выполняться в свободное от загрузки основного производ-

ства время. На рис. 6 представлен график уровня производственной загрузки ЛССЦ в течение года. Из него видно, что основной пик нагрузки идет на летние месяцы, в то время как в зимний период производство стоит.

Следуя теории «Бережливого производства» или «Leanproduction», такое неравномерное распределение производственной нагрузки может иметь пагубное влияние на работу всей системы. Как известно, у большинства ЛССЦ имеется на балансе оборудование по производству субстрата, однако они вынуждены отказаться от него, ввиду невозможности его синхронизации с основным производством (производством сеянцев). Процесс производства субстрата достаточно сложен, имеет свои контрольные точки и узкие места, но при этом он не зависит от времени года, в связи с чем нет необходимости увязывать его в одну линию с засевом кассет. Тоже касается и производства семян. Заготавливать семена можно и в зимний период, чтобы равномерно распределить нагрузку на персонал и оснащение.

Таким образом, существует как минимум две задачи для оптимизации сложной системы. Первая – это расчет параметров системы при самостоятельном производстве

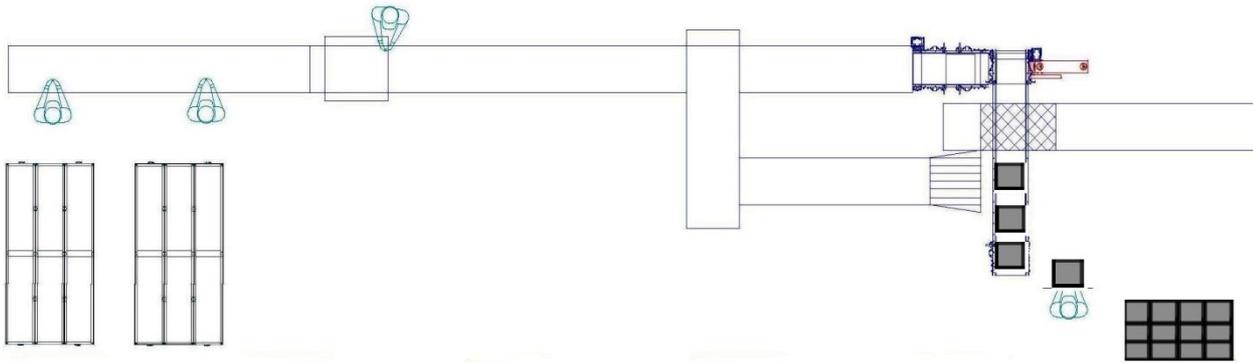


Рис. 4. Производственная цепь после реструктуризации



Рис. 5. Дополнительная линия подачи кассет на линию засева

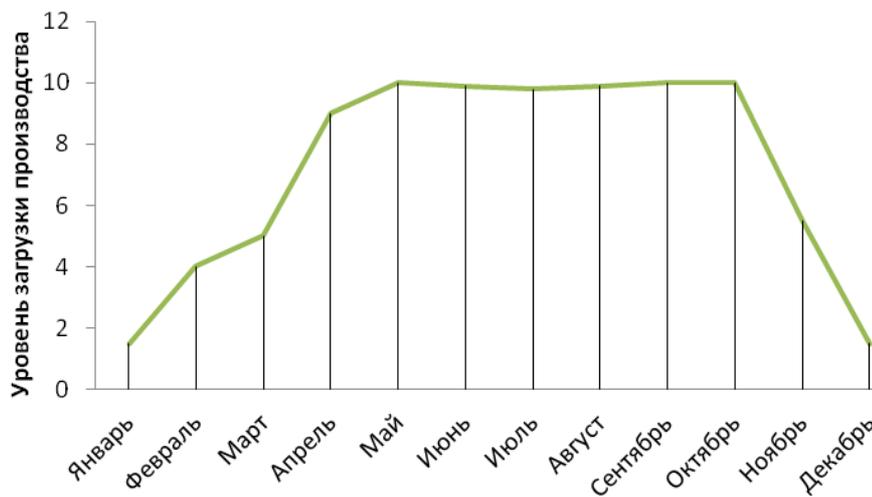


Рис. 6. Производственная нагрузка ЛССЦ в течение года

субстрата в ЛССЦ. Вторая – равномерное распределение нагрузки на производственный персонал в течение всего года.

Для решения задач по оптимизации сложных систем целесообразно примене-

ние инструментов имитационного моделирования.

Имитационное моделирование – это один из видов математического моделирования. Это метод исследования объектов, осно-

важный на том, что изучаемый реальный объект заменяется имитирующим объектом. С этим имитирующим объектом проводят эксперименты (не прибегая к экспериментам на реальном объекте) и в конечном итоге получают информацию об изучаемом объекте [5]. Имитационная модель – это компьютерная программа, которая описывает структуру и воспроизводит поведение изучаемой реальной системы во времени. Она позволяет получать результаты, содержащие подробную статистику о различных аспектах функционирования системы в зависимости от введенных входных данных. Процесс моделирования включает в себя такие этапы, как создание модели, программирование, проведение имитационных экспериментов, обработку и интерпретацию результатов моделирования [6].

К имитационному моделированию прибегают в том случае, когда:

- слишком дорого или фактически невозможно проводить эксперименты на реальном объекте;

- затруднительно построить аналитическую модель: в системе есть время, причинные связи, последствия, нелинейные события, случайные переменные;

- требуется симитировать поведение системы во времени [7].

Рассматривая имитационное моделирование как средство решения проблем оптимизации системы, можно выделить три основных подхода: системная динамика, дискретно-событийное (процессно-ориентированное) моделирование и агентное моделирование (рис. 7).

Системная динамика используется в долгосрочных, стратегических моделях, принимает высокий уровень абстракции. Этот подход позволяет понять структуру и динамику сложных систем, выявить причинно-следственные связи между объектами и явлениями. Применительно к лесному хозяйству данный подход может быть использован в вопросах влияния процессов изменения климата на поведение лесных экосистем.



Рис. 7. Три подхода имитационного моделирования

Дискретно-событийное (процессно-ориентированное) моделирование наиболее развито и имеет широкую сферу приложений – от логистики и систем массового обслуживания до производственных и транспортных систем, поскольку некоторые процессы, протекающие в мире, удобно рассматривать как последовательность отдельных важных моментов – событий. Этот вид наиболее подходит для моделирования производственных процессов [8]. Таким образом, данный подход применим к процессам функционирования объектов лесной инфраструктуры. На рис. 8 представлен фрагмент дискретно-событийного моделирования на примере производственной линии ЛССЦ.

Третий подход – агентное моделирование. Это самое новое направление в имитационном моделировании, которое исследует поведение децентрализованных агентов системы и то, как их поведение определяет поведение всей системы в целом [9]. Например,

с помощью этого подхода можно оценить эффективность влияния пропаганды защиты лесов от пожаров на поведение людей в лесу. Индивидуальное поведение каждого человека в данном случае образует глобальное поведение моделируемой системы.

Применение имитационных моделей дает множество преимуществ по сравнению с выполнением экспериментов над реальной системой и использованием других методов [10]. Во-первых, это скорость получения результатов. В реальности оценить эффективность системы можно лишь через месяцы или даже годы. Имитационная модель позволяет определить оптимальность изменений за считанные минуты, необходимые для проведения эксперимента. Во-вторых, – повторяемость. Современная жизнь требует от организаций быстрой реакции на изменение ситуации на рынке. С помощью имитационной модели можно провести неограниченное количество экспериментов с разными парамет-

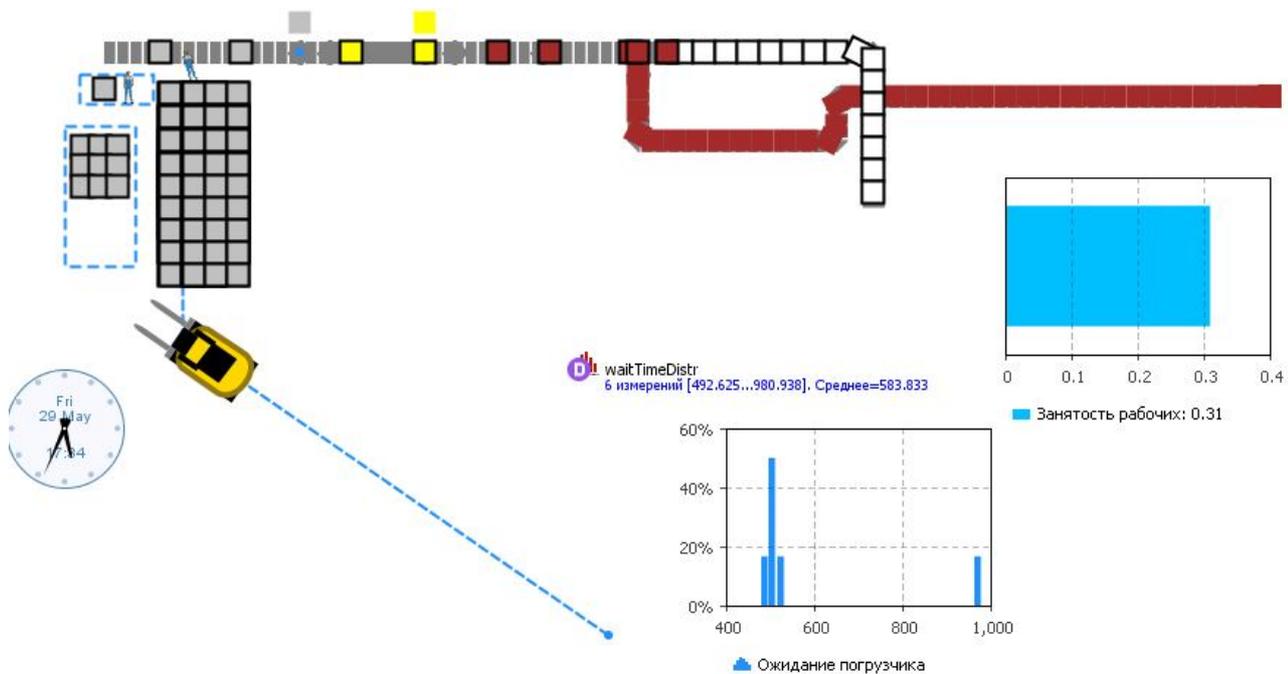


Рис. 8. Дискретно-событийное моделирование производственной линии ЛССЦ

рами, чтобы определить наилучший вариант. В-третьих, – точность. Традиционные расчетные математические методы требуют применения высокой степени абстракции и не учитывают важные детали. Имитационное моделирование позволяет описать структуру системы и её процессы в естественном виде. Важным преимуществом является наглядность моделей. Имитационная модель обладает возможностями визуализации процесса работы системы во времени, схематичного задания её структуры и выдачи результатов в графическом виде. Это позволяет наглядно представить полученное решение и донести заложенные в него идеи до всех заинтересованных сторон.

Имитационное моделирование применимо и к другим объектам инфраструктуры, поскольку носит универсальный характер,

позволяет решать задачи из любых областей: производства, логистики, финансов, здравоохранения и многих других. В каждом случае модель имитирует, воспроизводит реальную жизнь и позволяет проводить широкий набор экспериментов без влияния на реальные объекты.

Таким образом, имитационное моделирование является эффективным инструментарием в вопросах оптимизации управления объектами лесной инфраструктуры. Этот относительно новый и быстро развивающийся метод исследования позволит описать логику поведения объектов лесной инфраструктуры, визуализировать процессы, протекающие в них, провести неограниченное число экспериментов с разными параметрами и выбрать наилучший вариант оптимизации управления этими объектами.

Библиографический список

1. Перечень объектов лесной инфраструктуры для защитных лесов, эксплуатационных лесов и резервных лесов : распоряжение правительства : 17 июля 2012 г. № 1283-р. [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федерального агентства лесного хозяйства / Федеральное агентство лесного хозяйства. – Режим доступа: <http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/other/71>. – (Дата обращения: 25.05.2015).
2. Каплан, Р. С. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию [Текст] / Р. С. Каплан, Д. П. Нортон. – М. : Олимп-Бизнес, 2006. – 320 с. – ISBN 5-901028-55-4.
3. Rusu, V. Balanced score card-performance measurement tool in forestry [Text] / V. Rusu // Proceedings of the 24th International Business Information Management Association Conference – Crafting Global Competitive Economies: 2020 Vision Strategic Planning and Smart Implementation. – 2014. – pp. 570-576.
4. Pruden, L. Seeing the forest for the trees: Strategic planning and the balanced scorecard [Text] / L. Pruden // Proceedings of the AIChE Annual Meeting. – 2004. – pp. 7973-7994.
5. Имитационное моделирование процессов [Электронный ресурс] // Система бизнес-моделирования Business Studio / Группа компаний «Современные технологии управления». – Режим доступа: http://www.businessstudio.ru/wiki/docs/current/doku.php/ru/simulation_fca/viewing. – (Дата обращения: 25.05.2015).
6. Borshchev, A. V. Systems modeling, simulation and analysis using COVERS active objects

[Text] / A. V. Borshchev, Yu. G. Karpov, V. V. Roudakov // Proceedings of the International Symposium and Workshop on Engineering of Computer Based Systems. – Monterey, 1997. – pp. 220-227.

7. Имитационное моделирование [Электронный ресурс] // Сайт AnyLogic / Компания AnyLogic. – Режим доступа: <http://www.anylogic.ru/use-of-simulation>. – (Дата обращения: 25.05.2015).

8. Wartha, C. Decision support tool - Supply chain [Text] / C. Wartha, M. Peev, A. Borshchev, A. Filippov // Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference. – San Diego, 2002. – Vol. 2. – pp. 1297-1301.

9. Bobashev, G. V. The use of agent-based modeling in projecting risk factors into the future [Text] / G. V. Bobashev, R. J. Morris, W. A. Zule, A. V. Borshchev, L. Hoffer. – The 2nd International Workshop on Social Computing Behavioral Modeling and Prediction. – SBP. – 2009. – pp. 50-55.

10. Borshchev, A. Multi-method modeling [Text] / A. Borshchev // The 1st International Simulation Tools Conference and Expo 2013, SIMEX 2013. – Brussels. – 2013. – pp. 59-67.

References

1. *Perechen' obektov lesnoj infrastruktury dlja zashhitnyh lesov, jekspluatacionnyh lesov i rezervnyh lesov : rasporyazhenie pravitel'stva : 17 ijulja 2012 g. № 1283-r.* [The list of objects of forest infrastructure for the protection of forests, maintenance of forests and reserve forests: government decree: July 17, 2012 № 1283-p]. *Oficial'nyj sajt Federal'nogo agentstva lesnogo hozjajstva. Federal'noe agentstvo lesnogo hozjajstva* [Official website of the Federal Forestry Agency. Federal Forestry Agency]. Available at: <http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/other/71>. (In Russian).

2. Kaplan R.S., Norton D.P. *Sbalansirovannaja sistema pokazatelej. Ot strategii k dejstviju* [Balanced Scorecard. From strategy to action]. Moscow, 2006, 320 p. – ISBN 5-901028-55-4. (In Russian).

3. Rusu V. Balanced score card-performance measurement tool in forestry. Proceedings of the 24th International Business Information Management Association Conference – Crafting Global Competitive Economies: 2020 Vision Strategic Planning and Smart Implementation, 2014, pp. 570-576.

4. Pruden L. Seeing the forest for the trees: Strategic planning and the balanced scorecard. Proceedings of the AIChE Annual Meeting, 2004, pp. 7973-7994.

5. *Imitacionnoe modelirovanie processov* [Simulation modeling processes]. *Sistema biznes-modelirovanija Business Studio. Gruppy kompanij «Sovremennye tehnologii upravlenija»* System business modeling Business Studio. Group "Modern technology councilsment". Available at: http://www.businessstudio.ru/wiki/docs/current/doku.php/ru/simulation_fca/viewing. (In Russian).

6. Borshchev A.V., Karpov Yu.G., Roudakov V.V. Systems modeling, simulation and analysis using COVERS active objects. Proceedings of the International Symposium and Workshop on Engineering of Computer Based Systems. Monterey, 1997, pp. 220-227.

7. *Imitacionnoe modelirovanie* [Simulation]. *Sajt AnyLogic. Kompanija AnyLogic* [Website AnyLogic. Comp of AnyLogic]. Available at: <http://www.anylogic.ru/use-of-simulation>. (In Russian).

8. Wartha C., Peev M., Borshchev A., Filippov A. Decision support tool - Supply chain Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference. San Diego, 2002, Vol. 2, pp. 1297-1301.

9. Bobashev G.V., Morris R.J., Zule W.A., Borshchev A.V., Hoffer L. The use of agent-based

modeling in projecting risk factors into the future. The 2nd International Workshop on Social Computing Behavioral Modeling and Prediction. SBP, 2009, pp. 50-55.

10. Borshchev A. Multi-method modeling. The 1st International Simulation Tools Conference and Expo 2013, SIMEX 2013. Brussels, 2013, pp. 59-67.

Сведения об авторах

Васильев Олег Игоревич – начальник научно-исследовательского отдела экономических исследований, ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства», г. Санкт-Петербург, соискатель кафедры менеджмента и экономики предпринимательства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: ic@spb-niilh.ru.

Корныльева Юлия Андреевна – младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела экономических исследований, ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: jk@spb-niilh.ru.

Information about authors

Vasilyev Oleg Igorevich – Head of economic research department, Federal Budget Establishment «Saint-Petersburg Forestry Research Institute», Saint-Petersburg, Applicant for the Department of Management and Business Economics of Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation, e-mail: ic@spb-niilh.ru.

Kornylyeva Yuliya Andreevna – Junior scientist of economic research department, Federal Budget Establishment «Saint-Petersburg Forestry Research Institute», Saint-Petersburg, Russian Federation, e-mail: jk@spb-niilh.ru.

DOI: 10.12737/111993

УДК 338.2

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КЛЮЧЕВЫХ СЕКТОРОВ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ: СТРУКТУРНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ

доктор экономических наук, профессор **Е. А. Колесниченко**¹

кандидат экономических наук, доцент **Ж. Д. Османов**¹

¹ – ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»,
г. Тамбов, Российская Федерация

В статье с позиций структурного подхода исследовано содержание экономической безопасности в ключевых сферах российской экономики, в т.ч. лесном хозяйстве. В проведенном исследовании сформирован методологический базис научной концепции обеспечения экономической безопасности в лесном секторе экономики в условиях усиления климатических изменений и возрастания