



**ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И  
ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ВНУТРЕННИХ  
ВОДНЫХ ПУТЕЙ В БАССЕЙНАХ ВЕЛИКИХ РЕК**

*Труды конгресса «Великие реки» 2019  
Выпуск 8, 2019 г.*



ISBN 978-5-901722-63-3

УДК 629.12, 66.013.51

**Студнев Сергей Вячеславович**, к.т.н., инженер «Института инноваций в судостроении и судоремонте».

**Бурмистров Евгений Геннадьевич**, д.т.н., проф. каф. ПиТПС

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

**ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ  
ПОДГОТОВКЕ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Ключевые слова: судостроение, бережливое производство, комплексная подготовка производства, имитационное моделирование, проблемы подготовки производства.*

*Аннотация. Данная статья является обзором основных проблем, возникающих на этапе комплексной подготовки производства к реализации инвестиционных проектов в судостроительной отрасли. На основе приведенного анализа предложен вариант использования инструментов «Бережливого производства» в информационной среде, с использованием инструментов имитационного моделирования, с последующим определением эффективности использования инструментов «Бережливого Производства».*

Применение инструментов «Бережливого Производства» (далее БП) нашло широкое распространение в мировой практике. Основным вопросом, которым занимаются специалисты в области БП - построение эффективной производственной системы. Под эффективной производственной системой понимается такая система, при функционировании которой потери в материальном, энергетическом и трудовом показателях производства сведены до минимума, что позволяет повысить эффективность производства. Инструменты БП достаточно подробно описаны в различных источниках [1, 2]: подавляющее большинство данных источников являются зарубежными, хотя на сегодняшний день в РФ имеются национальные стандарты в области БП [3], имеются системы сертификации и стандартизации предприятий – участников системы бережливых технологий.

Основанием для применения инструментов БП является наличие потерь в производстве. Обязательным условием эффективного применения инструментов БП является: заинтересованность руководства; вовлеченность персонала в процессы внедрения БП; четкая стратегия и тактика реализации инструментов БП; перманентность процесса выстраивания эффективной производственной системы.

В различных учебных и информационных материалах по БП зачастую рассматриваются потери, являющиеся следствием неэффективной производственной

---

*Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов*

*Секция II Вопросы развития и совершенствования флота*

системы, но не являющиеся источником возникновения потерь. Существуют и применяются на практике инструменты БП, например, инструмент - «5 почему», который предполагает детальный анализ происшедшего отказа оборудования, возникновения брака продукции и т.д. Однако предотвращение возникновения источника потерь на раннем этапе подготовки производства способствует значительному сокращению затрат ресурсов и времени на ликвидацию последствий влияния данного источника на производственную систему и отыскание первопричины путем выстраивания сложных логических цепочек.

Приведенный ниже анализ источников потерь имеет структуру от «общего к частному»: на первом этапе рассматриваются проблемы при проектировании и взаимодействия участников процесса реализации инвестиционных проектов; вторым этапом проводится анализ проблем, возникающих при строительстве судна (либо объекта промышленной инфраструктуры) непосредственно на площадке. Основные участники процесса реализации инвестиционных проектов в сфере судостроения представлены на рисунке (рис.1). Стоит отметить, что в данной схеме не учтены службы авторского надзора, контролирующие органы и т.д. Данная схема имеет общий вид, применима не только для судостроения, но, к примеру, и для строительства промышленных объектов судостроительной отрасли (склады, цеха и т.д.).



Рис. 1. Общая схема взаимодействия участников при реализации инвестиционных проектов в судостроении

Разногласия и недопонимание между участниками процесса становятся отправной точкой возникновения потерь. Наиболее часто встречающиеся проблемы при реализации проектов в судостроении на этапе проектирования и подготовки производства:

1. Проблематика коммуникаций между генпроектировщиком и генподрядчиком:

- ошибки проектирования, выявленные на этапе строительства судна;
- устранение ошибок проектирования непосредственно «в цехе»;
- высокая продолжительность принятия ответственных технических решений при выявлении ошибок проектирования;
- отсутствие точной информации об оборудовании в проектной документации, либо закладка аналогичного, что приводит к сложностям при монтаже в силу расхождения размеров оборудования; точек подключения питательных сред и электричества.

Возникающие потери:

- появлению дополнительных работ, неучтенных в конечной смете, приводящих к удорожанию проекта и разделению рисков между участниками;
- увеличение сроков проектирования и строительства, что приводит к штрафным взысканиям со стороны Заказчика;
- при устранении ошибок проектирования на «месте» возникают: трудно учитываемые расходы материалов; увеличивается продолжительность работ.

2. Проблематика коммуникаций между генподрядчиком и подрядчиками:

- отсутствие четкой «этапности» выполнения строительно-монтажных работ, что приводит к конфликту интересов подрядных организаций;
- несбалансированная загрузка оборудования, что приводит к очередям; увеличению сроков выполнения работ;

- отсутствие четкого алгоритма внутрицеховой и межцеховой логистики, что приводит к существенным потерям электроэнергии и временных ресурсов на транспортные операции;

- перебои в обеспечении техническими средами и материалами подрядных организаций при выполнении строительно-монтажных работ;

Вышеперечисленное приводит:

- высокому уровню брака;
- возникновению необходимости проведения дополнительных работ;
- увеличению продолжительности постройки судна, или строительства объекта инфраструктуры;

- увеличению стоимости строительства.

3. Проблематика коммуникаций между генпроектировщиком и поставщиками:

- неувязка базисных технических решений между поставщиками оборудования и генеральным проектировщиком;

- отсутствие четкой границы ответственности проектирования между поставщиками и генпроектировщиком;

- отсутствие необходимой документации по применяемому оборудованию, что увеличивает вероятность проектных ошибок;

- в случае отсутствия прямой связи поставщиков оборудования и генпроектировщика увеличивается продолжительность решения вопросов: по технической документации; условиям эксплуатации; испытаниям и т.д. Это приводит к увеличению сроков проектирования и увеличению вероятности возникновения ошибок проектирования.

Второй группой потерь являются потери, возникающие непосредственно на производственной/строительной площадке.

В общем виде наиболее распространенные потери:

- нерациональное использование основных фондов при реализации хозяйственной деятельности предприятий;

- наличие операций в технологическом процессе не добавляющих ценности продукции, но требующих ресурсов;

- несбалансированность загрузки основного технологического и транспортного оборудования;

- отсутствие электронных библиотек технической документации;

- отсутствие систем оперативного контроля расходных материалов (бумажное или электронное упрощенное ведение учета);

- отсутствие специализированного программного обеспечения для определения трудоемкости и себестоимость постройки судна по укрупненным и уточненным показателям;

- низкая оборачиваемость оборотных средств, перепроизводство; большие складские запасы продукции; межоперационное хранения полуфабрикатов);

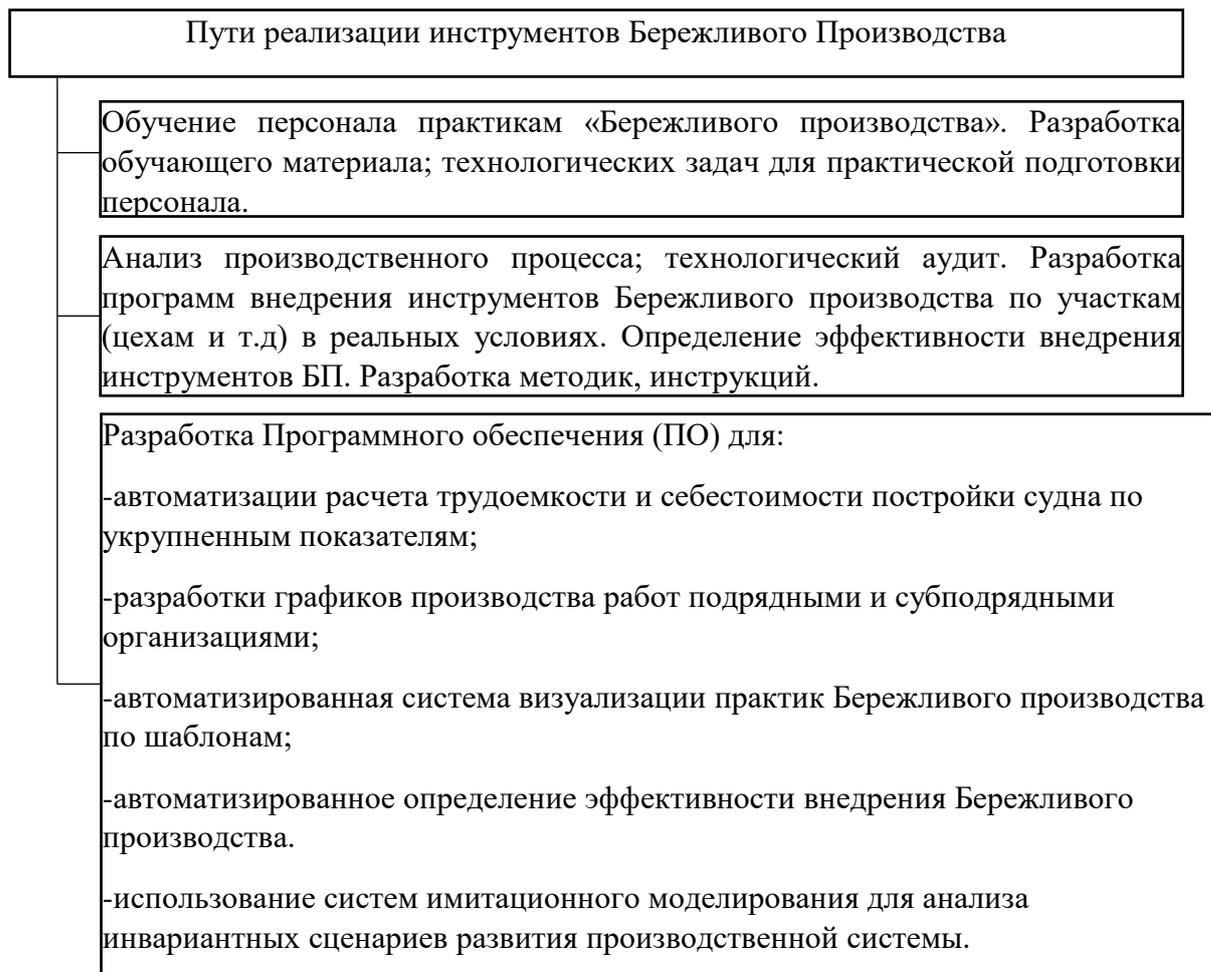
- отсутствие грамотного управления и диспетчеризации производства;

- отсутствие стандартов и инструкций выполнения работ с учетом развития производственных систем; отсутствие обоснованных метрик эффективности функционирования производства.

Вышеперечисленные потери не по всем пунктам носят критичный характер, к примеру, существует достаточное количество систем автоматизированного проектирования судов и промышленных предприятий. Однако внедрение подобных систем, построение единой информационной среды – сложная, комплексная задача, зачастую выполняемая номинально. Прежде всего, это связано с господством регламентирующих традиций в производственной сфере, консерватизмом взглядов на модернизацию и на существенные изменения в устоявшиеся производственные

взаимоотношения. Вносимые глобальные изменения ведут к серьезному пересмотру алгоритма работы, требуют дополнительного обучения персонала, вовлечение всех участников проектирования и производства работ, постоянного контроля и постоянной отладки работы информационной системы. Все вышеперечисленное характерно и для внедрения инструментов «Бережливого производства».

Ликвидация потерь при производстве возможна посредством применения инструментов Бережливого производства, которые не требуют дополнительных существенных финансовых сложений: бюджет на модернизацию и внесение изменений формируется по результатам проведенного анализа производственной системы. Стратегически пути реализации инструментов БП может быть представлено в виде трех составляющих (рис. 2).



Именно средства имитационного моделирования на ранних этапах подготовки производства помогают определить рациональный вариант организации производства. При этом в системе имитационного моделирования, при анализе уже действующего производства, можно определить эффект от внедрения инструментов бережливого производства до их фактического использования.

Одним из наиболее распространенных инструментов Бережливого производства при анализе производственного процесса является разработка «карты потока создания ценности». Карта потока создания ценности (VSM - Value Stream Mapping) - это инструмент, который визуализирует процесс превращения сырья в продукцию [4]. Объекты визуализации – материальные и информационные потоки, с указанием затрат времени и иных ресурсов, пример общей структуры Карты представлен на рисунке (рис. 3).

При совмещении результатов анализа состояния производства по известным методикам с использованием инструмента визуализации «Карта потока создания ценности» и системы имитационного моделирования можно проанализировать различные варианты организации производства. Это крайне важно в случае проектирования и строительства нового промышленного объекта. Разработав проектный вариант технологического процесса по укрупненным показателям, при подготовке Технического Задания есть возможность промоделировать несколько вариантов работы производства: определить требуемую производительность оборудования, количество единиц оборудования; определить необходимую площадь под оборудование и складские помещения и учесть это в планировочных решениях при подготовке проектной документации на стадии «П»; проанализировать производительность участков и цехов.

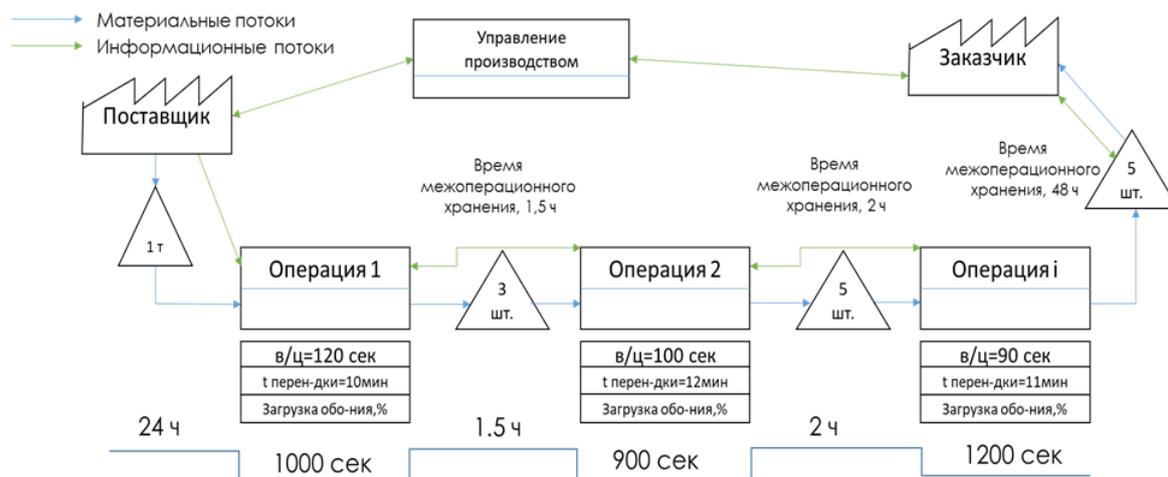


Рис. 3. Общая структура карты потока создания ценности

При анализе уже функционирующего производства важно определить показатели эффективности:

- время операционного цикла обработки одной детали (н-ч);
- загрузка оборудования (%);
- производительность участков (дет/ч);
- наличие и продолжительность межоперационного хранения;
- ритм производственного процесса;
- время переналадки оборудования;
- чистое время обработки детали на участке;
- брак (процентное соотношение годной и бракованной продукции);

Показатели эффективности могут варьироваться: приведенный выше список может изменяться в зависимости от характера производственного процесса.

Подробное описание методики разработки карты потока создания ценности представлено в [5].

После сбора необходимой статистической информации, анализа весомых, с точки зрения влияния на эффективность процесса факторов, необходимо построить имитационную модель. Данная имитационная модель должна иметь несколько стадий:

1. Модель, отражающая настоящую ситуацию на производстве;
2. Промежуточная модель для определения значимых факторов.

3. Конечная модель, на основании которой планируется вносить корректировки в существующее производство.

Первый этап необходим для оценки адекватности разработанной имитационной модели – установки соответствия математического описания производственной системы ее реальному прототипу. С методами математического анализа адекватности модели можно ознакомиться в [6].

На втором этапе производится анализ факторов, существенно влияющих на эффективность производства. Разработанная модель анализируется на отклик при варьировании значений оптимизируемых параметров. На данном этапе необходимо определить группы факторов, влияющих на моделируемую систему. Параметры, входящие в группировку значений выборки, могут влиять друг на друга как линейно, так и нелинейно. В данном случае показатель эффективности – не функция, а функционал. Второй этап – разработка и определение характера взаимосвязи значимых параметров производственной системы позволяет определить допустимые границы варьирования параметров и их влияние на показатель эффективности.

На третьем этапе разрабатывается и анализируется имитационная модель будущего состояния производства.

Пример имитационной модели функционирования складского комплекса представлен на рисунке (рис. 4). В данной модели имеется источник поступления материала; моделируется операция разгрузки автотранспорта и транспортировка материала на склад; хранение материала; транспортировка материала на производство. Подробное описание модели представлено в [7].

По результатам проведенного анализа можно установить коэффициент использования транспортного оборудования, продолжительность цикла транспортных операций, время нахождения и количество единицы материала на складе; определить требуемую площадь складского помещения, планировку участка и т.д.

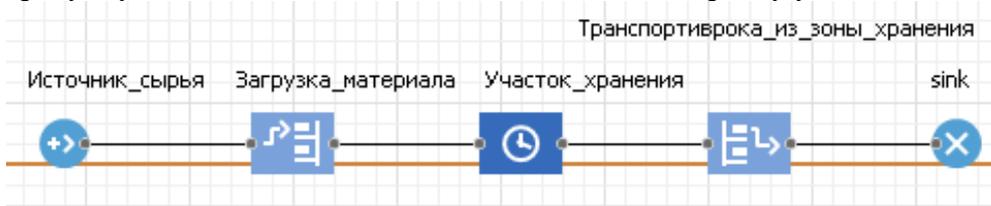


Рис. 4а. Общий вид структуры имитационной модели складского участка

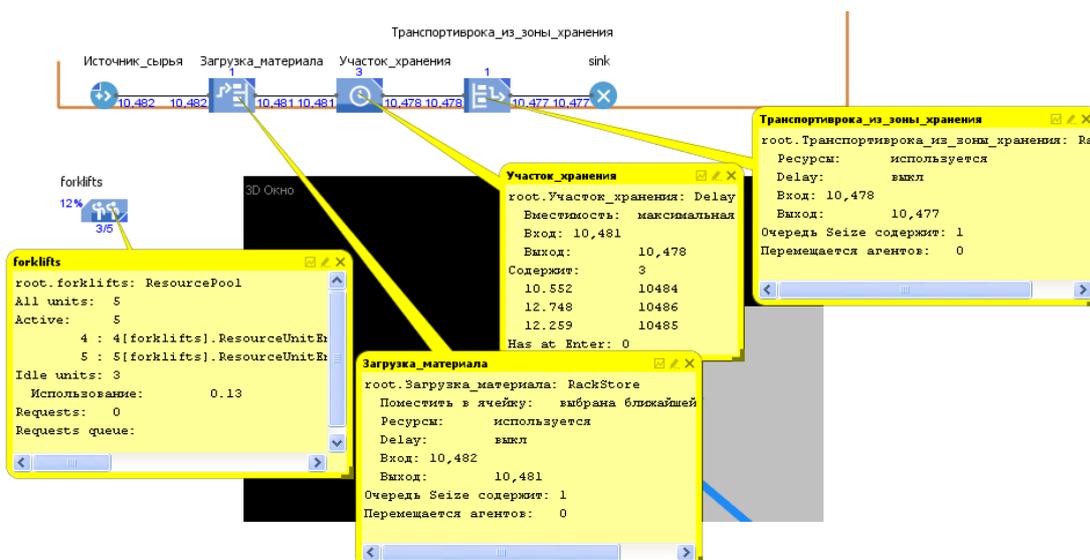


Рис. 4б. Анализ результатов моделирования

Рис. 4. Общий вид имитационной модели складского участка в программе AnyLogic

В заключение хотелось бы подчеркнуть синергетический эффект от совместного использования инструментов «Бережливого производства» и имитационного моделирования. Имитационное моделирование дополняет инструменты БП, так как позволяет избежать ошибок при расчетах, позволяет получить информацию о функционировании производственной системы при изменении технологических параметров без вмешательства в реальный технологический процесс. Инструменты БП позволяют собрать требуемую статистическую информацию, без которой невозможно построение адекватной имитационной модели производственной системы.

#### **Список литературы:**

- [1] Синго С. Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства / Пер. с англ. — М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2006. - 312 с.;
- [2] Манн Д. Бережливое управление бережливым производством / Пер. с англ. А.Н. Стерляжникова; Под. науч. Ред. В.В. Брагина. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2009. – 208 с., ил. – (Серия «Бережливое управление»);
- [3] ГОСТ Р 57522 – 2017. Бережливое производство. Руководство по интегрированной системе менеджмента качества и бережливого производства. – Москва: Изд-во «Стандартинформ», 2017. – 16 с.;
- [4] S. Hebbar Value Stream Mapping: A Continuous Improvement tool for Reduction in Total Lead Time, 2014. Электронный ресурс:  
[https://www.researchgate.net/publication/293062616\\_Value\\_Stream\\_Mapping\\_A\\_Continuous\\_Improvement\\_tool\\_for\\_Reduction\\_in\\_Total\\_Lead\\_Time](https://www.researchgate.net/publication/293062616_Value_Stream_Mapping_A_Continuous_Improvement_tool_for_Reduction_in_Total_Lead_Time), дата обращения: 02.06.2019г.;
- [5] Ротер М. Учитесь видеть бизнес-процессы: Практика построения карт потоков создания ценности / Майкл Ротер, Джон Шук; Пер. с англ., 2-е изд. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2008. – 144 с.
- [6] А. А. Ахрем. Математические методы анализа адекватности моделей сложных технических объектов / Сб. трудов ИСА РАН. Т. 29, 2007 г.;
- [7] Боев В. Д., Кирик Д. И., Сыпченко Р. П. Компьютерное моделирование: Пособие для курсового и дипломного проектирования. — СПб.: ВАС, 2011. — 348 с.

## **USE OF LEAN MANUFACTURING TOOLS IN THE PREPARATION OF SHIPBUILDING PRODUCTION**

Sergey V. Studnev, Evgeny G. Burmistrov

*Key words: shipbuilding, lean manufacturing, complex preparation of production, simulation modeling, problems of pre-production.*

*This article is an overview of the main problems that arise at the stage of comprehensive preparation of production for the implementation of investment projects in the shipbuilding industry. On the basis of the above analysis, the option of using Lean Production tools in the information environment, using simulation tools, followed by determining the effectiveness of using Lean Production tools, is proposed.*