

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ ПАКЕТА GPSS WORLD ЗАДАЧ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СУДОКОРПУСНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**А. М. Плотников, А. А. Васильев, И. Е. Любимова, Н. П. Антонова  
(Санкт-Петербург)**

Одним из основных направлений деятельности ФГУП «ЦНИИТС» является разработка проектов реконструкции и технического перевооружения судостроительных предприятий. Среди последних разработок института можно выделить концепцию развития ФГУП «Адмиралтейские верфи», ТЭО технического перевооружения ОАО «Амурский судостроительный завод», ТЭО создания нового корпусообработывающего цеха ОАО «СЗ «Северная верфь», организационно-технологический проект сборочно-сварочного цеха ЗАО «Рыбинский судостроительный завод», проект цеха изготовления конструкций для электрофикации железных дорог ЗАО «Царскосельский завод-София».

Основными задачами, решаемыми при разработке проектов реконструкции судостроительных предприятий, являются существенное, в 2–2,5 раза, снижение трудоемкости и сроков постройки корпусов судов. Решить поставленные задачи удастся за счет применения современного высокопроизводительного автоматизированного и роботизированного оборудования и высококонцентрированных источников энергии, включая лазерные и плазменные.

Основными организационно-технологическими мероприятиями, обеспечивающими достижение целей реконструкции судостроительных предприятий, являются:

- освоение технологии изготовления корпусов судов из крупногабаритного металлопроката (листы размером до 3,2x12 или 4,5x16,0 м);
- создание автоматизированного расходного склада стали;
- замена машин тепловой резки с ЧПУ на современные многофункциональные лазерные и плазменные машины, обеспечивающие повышенную точность деталей, а также механизация подачи листов на машины и снятие раскроя;
- гибка листовых деталей с применением ресурсосберегающей технологии минисилового ротационно-локального деформирования;
- роботизированная обработка профильных деталей;
- изготовление деталей из листов с длиной до 12 м;
- внедрение поточной линии сборки и сварки плоских секций с применением односторонней автоматической сварки полотнищ с обратным формированием шва;
- очистка и окраска секций корпусов судов в специализированных камерах, обеспечивающих оптимальный температурный режим, требования экологической и производственной безопасности.

Важнейшим направлением совершенствования работ по технологическому проектированию предприятий является внедрение имитационного моделирования производств, позволяющее:

- сократить сроки разработки проектов строительства, реконструкции и технологического перевооружения судостроительных и судоремонтных предприятий;
- снизить затраты на разработку проектов;
- оптимизировать состав, технические характеристики и размещение технологического оборудования и схемы металлопотоков, тем самым сократив затраты на техническое перевооружение и реконструкцию предприятий.

В рамках выполненных в ФГУП «ЦНИИТС» исследований:

– разработаны алгоритмы расчета пропускной способности заготовительных, корпусообрабатывающих и сборочно-сварочных участков и цехов, определены функциональные связи и маршруты движения изделий между их производственными ячейками;

– разработаны пилотные компьютерные программы численного моделирования металлопотокосов основных участков заготовительных и сборочно-сварочных участков и цехов применительно к условиям ФГУП «Адмиралтейские верфи» и ЗАО «Рыбинский судостроительный завод» в среде GPSS World.

Примеры схем металлопотокосов и схем функциональных связей технологического оборудования корпусообрабатывающего и сборочно-сварочного цехов, показаны на рис. 1 и 2.

Применительно к задаче технического перевооружения корпусообрабатывающего цеха ФГУП «Адмиралтейские верфи» был выполнен расчет его пропускной способности.

В поставленной задаче требовалось при годовой программе в 9005 листов найти наилучшее соотношение изменяемых параметров, при котором обеспечивалась бы пропускная способность заданной годовой программы.

Для начала была построена схема цеха, затем разработан алгоритм программы (рис. 3). В модели принималась скорость первого рольганга 1,5 м/мин, скорости остальных рольгангов (поворотного и перед перегружателем) 1 м/мин. Скорости можно изменять в пределах от 0,5 м/мин до 3 м/мин. Также можно изменять время обработки листа на машинах тепловой резки, годовую программу. Возможно создание модели для другой расстановки оборудования, например для модели, где машины тепловой резки обслуживают не три, а два крана: Кран 3 обслуживает машину тепловой резки 5, Кран 2 – остальные.

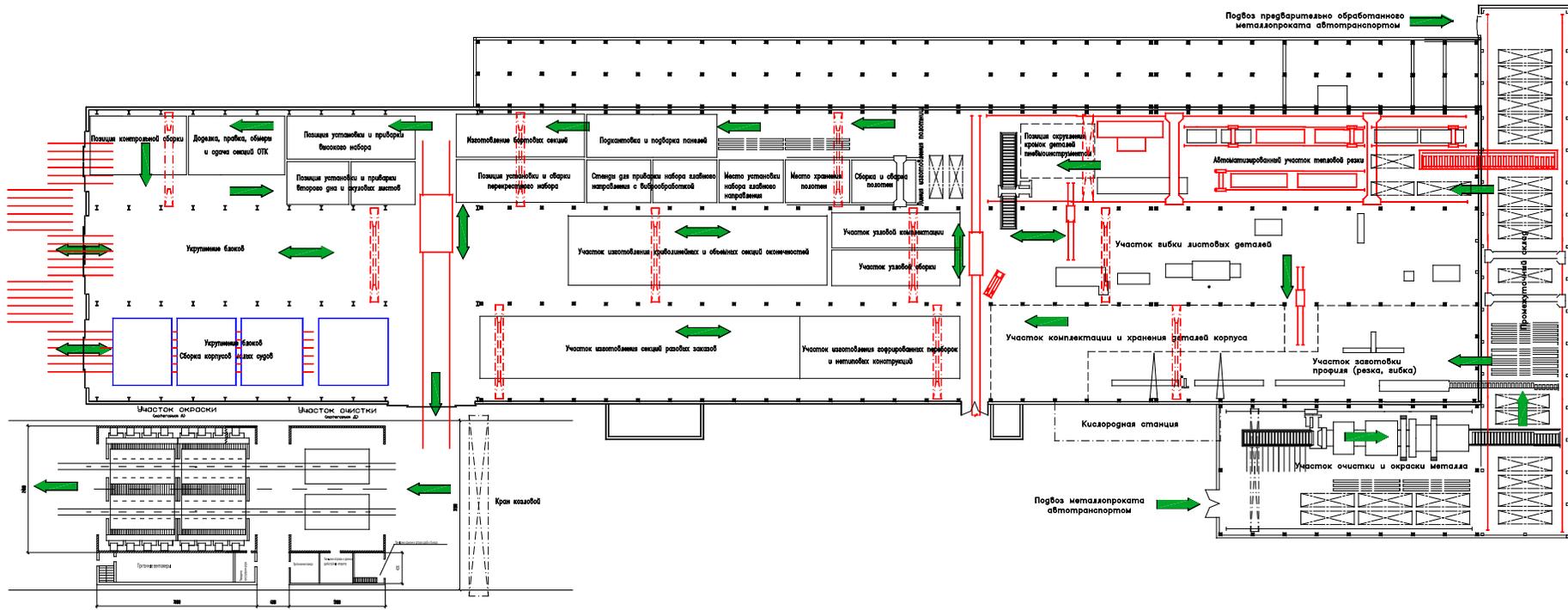


Рис. 1. Схема металлопотоков блока корпусообработывающего и сборочно-сварочного производств

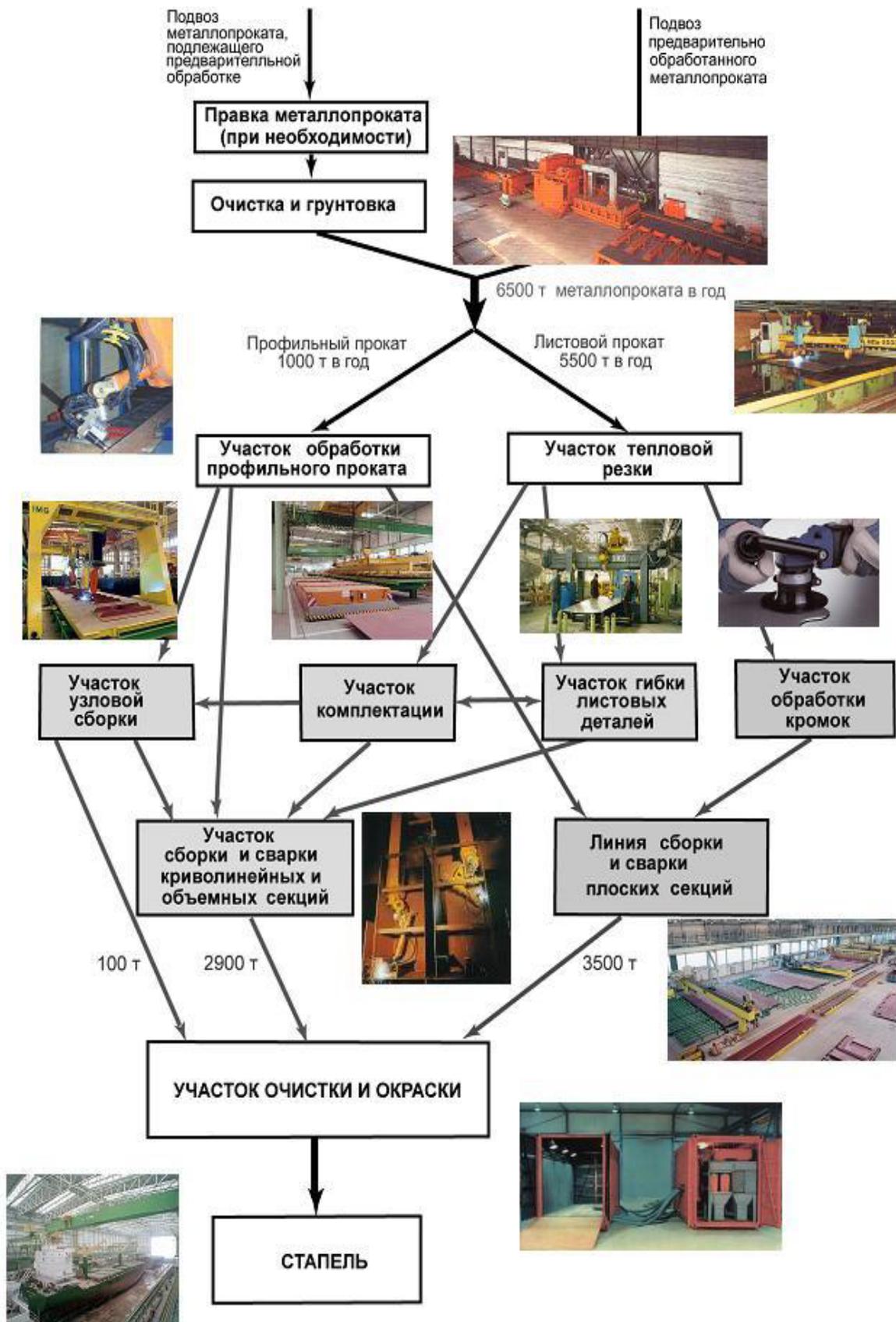


Рис. 2. Схема функциональных связей корпусообрабатывающего и сборочно-сварочного производства

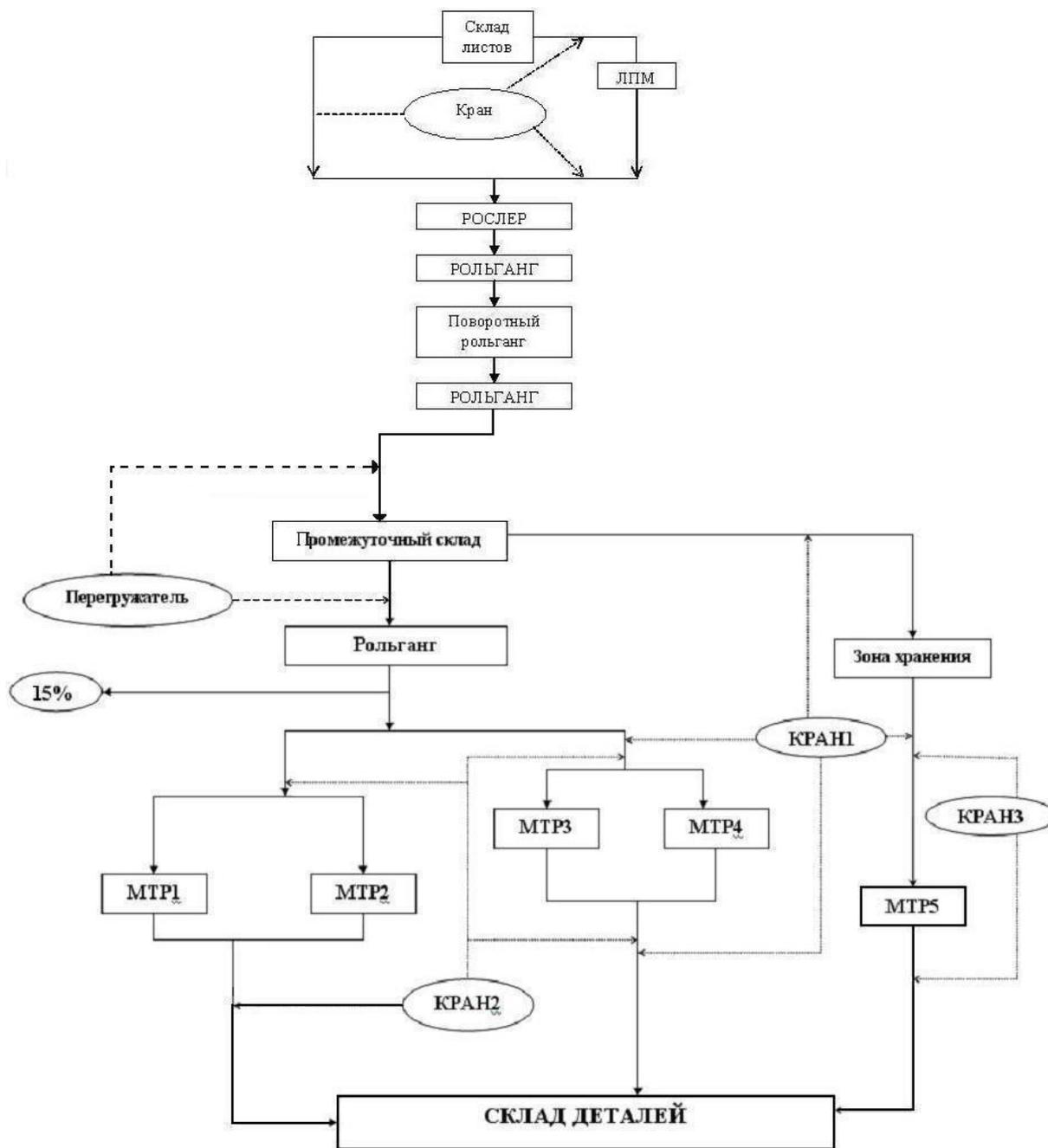


Рис. 3. Алгоритм программы

Распределение листов происходит следующим образом: примерно 10% листов нуждаются в правке и идут на листопрямильную машину (ЛПМ), затем на автоматизированную линию предварительной обработки металлопроката фирмы «Рослер»; остальные идут сразу на данную линию. Линия «Рослер» представляет собой технологическую систему, состоящую из камеры дробеметной очистки металла, камеры нагрева и очистки металла от дроби, камеры грунтования металла и камеры досушки металла.

Затем лист снимается перегружателем и передается на промежуточный склад. Оттуда 25% листов идет на машину тепловой резки (МТР) № 5. Остальные идут на рольганг. 15% листов снимается с рольганга и уходят в другой цех. Остальные 60% листов распределяются следующим образом: на каждую из остальных четырех машин

идет примерно по 15% листов. Причем, если машина тепловой резки 1 занята, то лист идет на машину тепловой резки 2. Если машина тепловой резки 2 занята, то лист идет на машину тепловой резки 3. Если машина тепловой резки 3 занята, то лист опять идет на машину тепловой резки 1 и т. д. Цикл не является непрерывным, т. к. в некоторый момент времени хоть одна машина будет свободна. Полученные детали направляются на склад.

Модель дает возможность определить загрузку оборудования, сколько листов прошло через каждую машину тепловой резки, за сколько дней может быть выполнена годовая норма, максимальная нагрузка в день, максимальная нагрузка в год.

В таблице 1 приведена загрузка оборудования (в процентах).

Таблица 1

**Зависимость загрузки оборудования участков предварительной обработки  
и тепловой резки (в процентах) от времени выполнения  
производственной программы**

| Позиция\дни        | 140  | 150  | 160  | 170  | 180  | 190  | 200  | 210  | 220  | 230  | 240  | 250  |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Линия «Рослер»     | 81,4 | 76   | 71,2 | 67   | 63,3 | 60   | 57   | 54,3 | 51,8 | 49,6 | 47,5 | 45,6 |
| ЛПМ                | 6,6  | 6,2  | 5,8  | 5,5  | 5,2  | 4,9  | 4,6  | 4,4  | 4,2  | 4    | 3,9  | 3,7  |
| КРАН               | 79   | 73,7 | 69,1 | 65   | 61,4 | 58,2 | 55,3 | 52,7 | 50,3 | 48,1 | 46,1 | 44,2 |
| Перегружа-<br>тель | 96   | 89,6 | 84   | 79,1 | 74,7 | 70,7 | 67,2 | 64   | 61,1 | 58,4 | 56   | 53,8 |
| МТР 1              | 71,6 | 66,8 | 62,6 | 58,9 | 55,7 | 52,7 | 50,1 | 47,7 | 45,5 | 43,6 | 41,7 | 40,1 |
| МТР 2              | 65,6 | 61,2 | 57,4 | 54   | 51   | 48,3 | 45,9 | 43,7 | 41,7 | 39,9 | 38,3 | 36,7 |
| МТР 3              | 46,9 | 43,7 | 41   | 38,6 | 36,5 | 34,5 | 32,8 | 31,2 | 29,8 | 28,5 | 27,3 | 26,2 |
| МТР 4              | 35,8 | 33,4 | 31,3 | 29,5 | 27,8 | 26,4 | 25   | 23,8 | 22,8 | 21,8 | 20,9 | 20   |
| МТР 5              | 70,7 | 65,9 | 61,8 | 58,2 | 55   | 52,1 | 49,5 | 47,1 | 45   | 43   | 41,2 | 39,6 |
| КРАН 1             | 67,6 | 63,1 | 59,1 | 55,6 | 52,5 | 49,8 | 47,3 | 45   | 43   | 41,1 | 39,4 | 37,8 |
| КРАН 2             | 13,6 | 12,7 | 11,9 | 11,2 | 10,6 | 10   | 9,5  | 9,1  | 8,6  | 8,3  | 7,9  | 7,6  |
| КРАН 3             | 61,2 | 57,1 | 53,6 | 50,4 | 47,6 | 45,1 | 42,9 | 40,8 | 39   | 37,3 | 35,7 | 34,3 |

Кран 1 обслуживает машины тепловой резки 1 и 2, Кран 2 переносит листы с промежуточного склада в зону хранения, обслуживает машины тепловой резки 3 и 4, Кран 3 обслуживает машину тепловой резки 5.

В заключение следует отметить, что при помощи GPSS решаются задачи оптимизации производственных систем, технологических процессов, изделий морской техники и многие другие задачи.

### Литература

1. Шрайбер Т. Дж. Моделирование на GPSS.– М.: Машиностроение, 1980.– 592с.
2. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем.– М.: Высшая школа, 2003.