

После постановки всех барж на грунт между ними производится прокладка необходимых инженерных коммуникаций, расконвертовка оборудования и его установка в рабочее положение, монтаж прочего оборудования доставляемого транспортными судами. Для создания необходимой гравитационной нагрузки в балластные отсеки барж предусматривается прием грунтового балласта. Сталебетонные баржи предусматривается выполнить с двойными стальными бортами, днищем, переборками, между которыми располагается слой конструктивного железобетона (конструкция типа «сэндвич»).

Д.А. Галочкин, Е.Г. Бурмистров
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ СБОРОЧНО-СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ВЕРФИ

Рассматриваются теоретические подходы к проектированию гибких производственных систем сборочно-сварочного производства с помощью методов имитационного моделирования. Приводятся методика проектирования ГПС и её краткое описание.

Сборочно-сварочное производство большинства отечественных судостроительных предприятий характеризуется низким уровнем механизации производственных систем, высоким уровнем затрат ручного труда рабочих высокой квалификации, вследствие широкого разнообразия номенклатуры изготавливаемой продукции, нестабильной загрузки. Это является значительным резервом роста эффективности производства за счёт использования гибких производственных систем (ГПС).

Под гибкостью в данном случае понимается возможность производственной системы адаптироваться к изменению производственных условий.

Задача проектирования ГПС сводится к двум направлениям:

- интенсификация и механизация, автоматизация технологических операций, повышение уровня автоматизации управления технологическими процессами;
- совершенствование и разработка новых форм организации и управления производственными процессами, т.е. соотношение и взаимосвязь производственных единиц участка, рабочих мест, рациональное разделение и кооперация материальных потоков между специализациями с учётом квалификации рабочих, оборудования, технологической оснастки [1].

При проектировании имитационной модели (ИМ) ГПС возникает задача использования эффективных методов исследования характеристик сложных производственных систем. Существующие и проектируемые системы можно эффективно исследовать с помощью компьютерного имитационного моделирования, которое в этом случае выступает в качестве инструмента экспериментатора с моделью системы, позволяющего с помощью математических вычислений и визуального представления результатов имитировать процессы функционирования объекта в условиях воздействия на него различных факторов.

Проектирование ИМ ГПС начинается с составления последовательного перечня операций, режима их выполнения, выбора необходимых типов оборудования, оснастки и квалификации рабочих.

В судостроении сборочно-сварочные работы составляют около 58 %, причём, основная доля этих работ приходится на изготовление однотипных работ, но различных по номенклатуре изделий.

Использование и внедрение автоматизированного оборудования, в том числе оборудования с программным управлением, применение промышленных роботов и манипуляторов, обеспечивающих автоматизацию вспомогательных и установочных операций, использование автоматизированных и механизированных поточных линий изготовления секций связано со значительными капитальными затратами. В этой связи актуальной становится задача выбора критериев, показателей, оценок, расчёта целесообразности применения комплексной механизации и автоматизации производства. В отечественном судостроении, характеризующемся низким уровнем механизации производственных систем, высоким уровнем затрат ручного труда рабочих высокой квалификации, нестабильной загрузкой, целесообразно разделять производственный процесс на ряд технологически однотипных операций с дальнейшей механизацией наиболее трудоёмких работ и специализацией рабочих мест по изготовлению схожих изделий (т.е. создание упрощенной механизированной поточной линии (УМПЛ)). К основным наиболее трудоёмким операциям сборочно-сварочного производства относят: сварка пазов и стыков полотнища; разметка установочных линии; установка на полотнище набора; сварка ребер жесткости к полотнищу.

Далее на основе анализа состояния технологического процесса и возможностей его совершенствования, объемов выпуска продукции, особенностей производственного процесса и типа производства на рабочих местах, массы и габаритных размеров изделия выбирается тот или иной метод организации труда.

Различают поточное (поточно-позиционный метод и поточно-бригадный метод) и непоточное (бригадный метод) производство.

Поточно-позиционный метод предусматривает расположение средств технологического оснащения в последовательности выполнения операций и специализацией рабочих места по изготовлению изделий.

Поточно-бригадный метод предусматривает перемещение специализированных бригад при изготовлении однотипных изделий, неподвижно располагаемых на рабочих местах.

Бригадный метод характеризуется тем, что за производственной бригадой закрепляется рабочая зона. В условиях непоточного производства наиболее предпочтительной является непрерывная загрузка рабочих мест. Это подтверждается и при более глубоком анализе производственных потерь от часа простоя рабочего места и часа пролёживания партии предметов труда [2].

Согласно технологическому графику, весь объем работ распределяется по позициям с соблюдением очерёдности и концентрации на каждой позиции однородных операций. Таким образом, ГПС характеризуется однородностью работ на позиции и узкой специализацией рабочих, равномерностью загрузки на каждой позиции и ритмичностью выпуска продукции.

Планирование технологического процесса оформляется маршрутно-технологическими картами. В маршрутно-технологической карте установлен последовательный перечень операций по изготовлению деталей узлов или секции (типового представителя), закрепляемых за определенными типами оборудования или рабочими местами.

Для каждого технологического процесса, производится необходимый расчет нормированной трудоёмкости и продолжительности каждой операции (цикла изготовления секции) [3].

$$T_{ин} = \frac{T_{oi}}{k_n}, \quad Ц_i = \frac{T_{ин}}{c \cdot m_p},$$

где,

c – коэффициент сменности;

m_p – количество рабочих, выполняющих данную операцию;

T_{oi} – базовая трудоёмкость работ;

k_p – коэффициент производительности СТО

Далее для отдельных производственных участков в потоке и для всего потока в целом в зависимости от формы организации труда производится синхронизация циклов, то есть моделирование ведётся с обеспечением непрерывного хода производственного процесса при любом уровне загрузки имеющихся производственных мощностей (см. рис. 1).

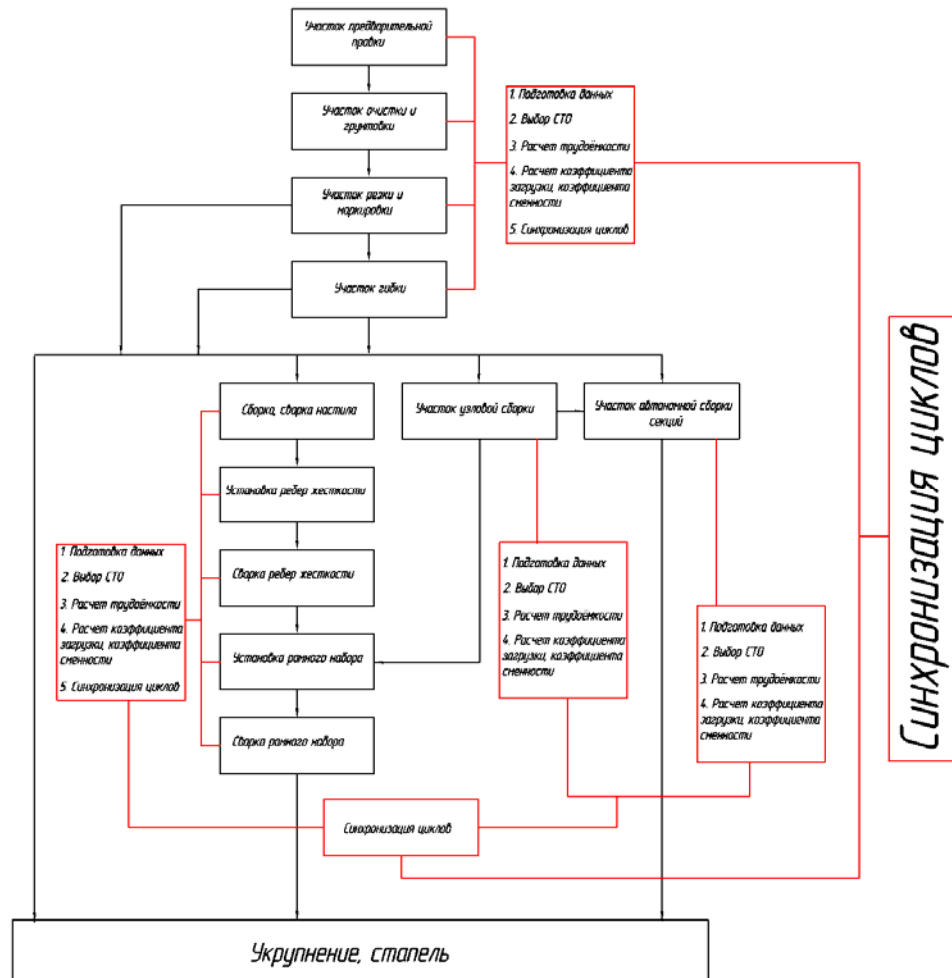


Рис. 1. Схема синхронизация циклов корпусостроительного производства

На основании выше изложенного был проведён комплекс работ по созданию ИМ производственной системы изготовления плоскостных секций разных по массе, типу, габаритным размерам, при различных методах организации труда с целью выявления производственной системы, наиболее способной адаптироваться к изменению производственных условий, т.е. ГПС.

Эксперимент с созданной ИМ проводился с целью получения зависимостей:

- зависимость ритма изготовления секции от массы, габаритов секции при постоянном количестве рабочих, максимально возможном коэффициентом загрузки позиций, различных методах организации труда (см. рис. 2);
- зависимость ритма изготовления секции от количества рабочих при постоянной

массе, габаритах секции, максимально возможным коэффициентом загрузки позиций, различных методах организации труда;

– зависимость количества рабочих от массы, габаритов, типа секции при максимальном коэффициенте загрузки позиций;

– зависимость фонда времени изготовления серии секций от количества рабочих при постоянном количестве секций, максимально возможном коэффициенте загрузки позиций, различных методах организации труда.

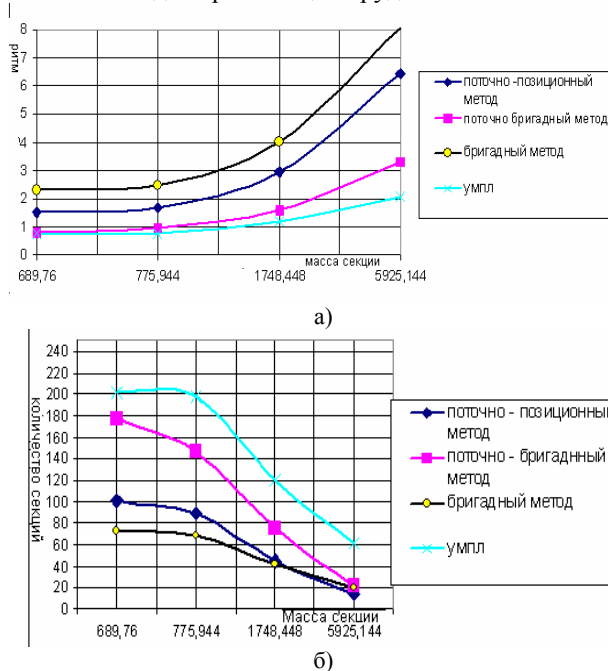


Рис. 2. а) зависимость ритма от массы секции при постоянном количестве рабочих;
б) зависимость количества изготавливаемых секций от массы секции при максимальном коэффициенте загрузки

Рассматривались четыре метода организации производства:

1. Поточно-позиционный метод, характеризуемый расположением средств технологического оснащения в последовательности выполнения операций (пять позиций с низким уровнем механизации средств технологического оснащения).

2. Поточно-бригадный метод, характеризуемый перемещением специализированных бригад (четыре бригады) неподвижно располагаемых на рабочих местах (шесть позиций).

3. Бригадный метод, характеризуемый тем, что за производственной бригадой закрепляется рабочая зона.

4. Упрощенная механизированная поточная линия – поточно-позиционный метод с механизацией наиболее трудоёмких работ и специализацией рабочих мест (обжатие листов к стенду производить гидравлическими прижимами, сварку полотнищ осуществлять автоматами под слоем флюса с двухсторонним формированием шва; разметка осуществляется порталом с тележкой поперечного перемещения; установку и двухстороннюю прихватку набора главного направления осуществлять низкомостовым порталом с кассетой для установки набора; сварка набора осуществляется агрегатом для групповой сварки).

На основании полученных зависимостей можно сделать вывод, что наиболее оптимальным вариантом организации сборочно-сварочного производства, является поточно-позиционный метод с механизацией наиболее трудоёмких работ и специализа-

цией рабочих мест (ГПС), способный адаптироваться к изменению производственных условий.

Основными критериями эффективности в данном случае являются:

– повышение производительности труда за счёт более полного использования технических возможностей оборудования, увеличение коэффициента использования машинного времени;

- увеличение коэффициента сменности работы оборудования;
- сокращение потерь рабочего времени основных и вспомогательных рабочих;
- уменьшение количества применяемой оснастки;
- сокращение длительности производственного цикла;
- бездефектность сборки, улучшение качества продукции [4];

Исходя из полученных зависимостей бригадный метод организации производства, предпочтительно использовать при количестве секций менее:

$$n_{\text{сек}} = \frac{\Phi}{P_i} - 0,5 \cdot (П!),$$

где $0,5 \cdot (П!)$ – потеря рабочего времени при начале и конце изготовления серии секций;

Φ – фонд времени изготовления серии секций;

P_i – ритм;

$П$ – число позиций, при поточно-позиционном методе.

В качестве визуализационной поддержки данной ИМ выступают трёхмерные модели объектов, используемых в УМПЛ, выполненные с высокой степенью детализации объектов проектирования с целью получения информации о поведении реальной производственной системы, в том числе при любом уровне загрузки имеющихся производственных мощностей (см. рис. 3). На основании этого демонстрируется анимационный ролик поточной линии сборки и сварки плоских секций, включающий демонстрацию производственных эпизодов [5].

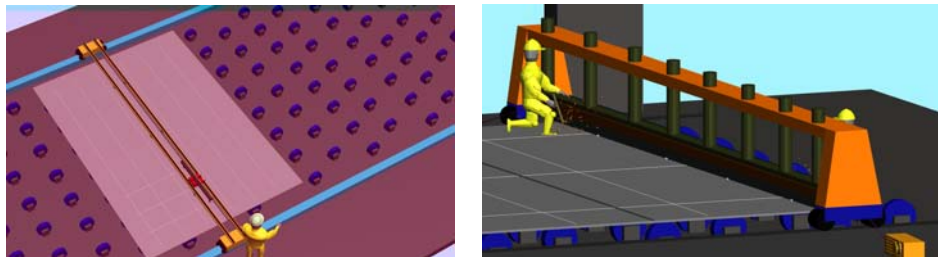


Рис. 3. Разметочный агрегат, портал с кассетой для установки

Разработанные имитационные модели, кроме решения чисто практических производственных задач, могут использоваться в учебном процессе для визуализации соответствующих тем изучаемого материала, в демонстрационных целях, для презентации проектов реновации производства в цехах верфи и др.

Список литературы:

- [1] Лазарев А.Н., Селиванов Е.Н. Эффективность гибких производственных систем в судостроении. – Л: Судостроение.1989, 256 с.
- [2] Кулик Ю.Г. Технология судостроения и судоремонта. Учебник для институтов водного транспорта / Ю.Г. Кулик, Ю.В. Сумеркин. – М.: Транспорт, 1988. – 352 с.
- [3] Кулик Ю.Г., Бурмистров Е.Г. Логистика процессов сборочно-сварочного производства в судостроении: Учебное пособие / Ю.Г.Кулик, Е.Г. Бурмистров. – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2004.–112 с.

[4] Меткин Н.П., Лапин М.С. Гибкие производственные системы. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 311 с.

[5] Имитационное моделирование. Теория и практика: Материалы IV-й всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. – ИММОД. – 2009.

С.Н. Гириш, А.С. Оноприенко
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

РЕГРЕССИОННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЙЛЕРОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПЛАСТИН ПРОДОЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НАБОРА КОРПУСА СУДНА С УЧЕТОМ УПРУГОСТИ РЕБЕР

Учет крутильной жесткости ребер положительно сказывается на общей прочности корпуса судна, что было показано в статье авторов «Об учете влияния упругой заделки кромок пластины на общую прочность корпуса судна» [1]. Использование программы для ЭВМ, описанной в этой же статье, позволяет определять значения эйлеровых напряжений для пластин с учетом подкрепления достаточно просто и быстро. Однако в инженерных расчетах гораздо удобнее использовать не саму программу, а полученные с ее помощью простые регрессионные зависимости. Правила Российского Речного Регистра [2] содержат формулу для определения эйлеровых напряжений свободно опертой пластины. Поэтому логично ввести в нее в качестве множителя коэффициент увеличения устойчивости пластины с упругими ребрами K_3 , по сравнению со свободно опертой пластиной.

Регрессионные зависимости были получены с использованием программного комплекса STATISTICA 6.0 (метод «Множественная регрессия»). Общая задача этого метода состоит в подгонке гиперплоскости к некоторому набору точек. Результатом выполнения множественной регрессии является зависимость вида:

$$Y = a + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + \dots + b_p \cdot X_p,$$

где a – свободный член;

X – независимая переменная;

b – регрессионный коэффициент.

В качестве подкрепляющих ребер судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания чаще всего применяется неравнополочный уголок и несимметричный полосоульб, реже тавр. Для этих профилей и будем находить регрессионные зависимости для определения коэффициента K_3 .

Прежде всего, необходимо определить переменные, от которых зависит значение коэффициента. Для этого обратимся к решению В.П. Белкина [3], которое было использовано в качестве алгоритма программы для ЭВМ. После анализа решения были определены следующие независимые переменные:

$$\left(\frac{h}{l}\right)^2, \left(\frac{b}{l}\right), \left(\frac{t}{\delta}\right)^3, \left(\frac{b1}{h}\right), \left(\frac{t1}{\delta}\right)^3 \text{ и } \left(\frac{t}{b}\right)^2,$$

где l – длина пластины (размер вдоль направления сжатия), мм;

b – ширина пластины, мм;

t – толщина пластины, мм;