

УДК 62-1/-9

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНИЗИРОВАННОГО УЧАСТКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЕКЦИЙ С ЭЛЕМЕНТАМИ ГПС

Бурмистрова Анастасия Евгеньевна¹, магистрант

e-mail: sovvesna@yandex.ru

Михеева Татьяна Александровна¹, кандидат технических наук, доцент

e-mail: miheevata@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментальных исследований, выполненных для проверки адекватности основных зависимостей математической модели производственной системы для изготовления типовых плоскостных секций и её поведения при различных производственных условиях и форме организации производства. Практической целью эксперимента являлось получение на ранних этапах подготовки производства сведений о поведении реальной производственной системы путём «проигрывания» различных (требуемых) производственных вариантов на компьютерной модели.

Ключевые слова: исследование, типовые секции, гибкие производственные системы, механизированная поточная линия, современное производство, современное судостроение, диаграмма Ганта.

EXPERIMENTAL STUDIES OF A COMPLEX MECHANIZED SECTION FOR THE MANUFACTURE OF SECTIONS WITH ELEMENTS OF FPS

Burmistrova Anastasia Evgenevna¹, Master's Degree Student

e-mail: sovvesna@yandex.ru

Miheeva Tatiana Aleksandrovna¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

e-mail: miheevata@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article presents the results of experimental studies performed to verify the adequacy of the main dependencies of the mathematical model of the production system for the manufacture of typical planar sections and its behavior under various production conditions and the form of production organization. The practical purpose of the experiment was to obtain information about the behavior of a real production system at the early stages of production preparation by "playing" various (required) production options on a computer model.

Keywords: studies, typical sections, flexible production systems, mechanized production line, modern production, modern shipbuilding, Gantt chart.

Судостроительная промышленность – отрасль, играющая значимую роль в экономике ведущих морских держав. До настоящего времени для судостроения характерно применение больших объёмов тяжёлого ручного труда. Это сдерживает переход к IV-му технологическому укладу, известному как «Индустрии 4.0», и негативно воспринимается экономическим сектором с точки зрения потенциала инвестиционной привлекательности.

Как известно, именно экономика, включая известную формулу «спрос – предложение», оказывает основное влияние на благополучие судостроительной отрасли, так как оно существенно зависит от уровня международной торговли. Именно поэтому судостроение одним из первых принимает на себя удар в случае возникновения любой нестабильности в мире. За последние 25 – 30 лет в отечественном судостроении сформировался явный перекоп в пользу применения импортных комплектующих не только в проектах новых судов, но и в техническом обеспечении самого судостроительного производства. Судостроительные заводы комплектовались исключительно импортными станками, агрегатами, поточными линиями. Производительность этого оборудования зачастую существенно превышает требуемую. Например, поточные линии немецкой фирмы «IMG», внедрённые на ПАО «Завод «Красное Сормово» (г. Нижний Новгород) и ОАО «Невский судостроительно-судоремонтный завод» (г. Шлиссельбург), рассчитаны на строительство 12 судов типа RST 27 (или аналогичных). По факту же эти предприятия выпускают не более 7 – 8 таких судов в год. То есть, линии оказываются загруженными всего на 70%. На АО «Зеленодольский завод им. А.М. Горького» (г. Зеленодольск), ввиду недостаточной загрузки судостроительными заказами, такая линия вообще используется менее чем на 40%. Следовательно, необходим поиск новых решений проблем комплексной механизации производства, особенно при единичном и мелкосерийном типах производства.

В нашей стране судостроительная отрасль определяется высокой долей присутствия государства и государственных контрактов. Поэтому, Правительство всерьёз озабочено проблемами судостроения. Так, Министерство промышленности и торговли Российской Федерации в октябре 2019 года распорядилось создать конкурентоспособное производство в отрасли, решить вопросы, связанные с импортозамещением, обслуживанием, эксплуатацией судов и повысить уровень эффективности организаций, связанных со строительством и ремонтом судов. Эти распоряжения закреплены в Стратегии развития судостроительной промышленности до 2035 года [1].

Тем самым, Правительство ставит задачу повышения автоматизации производственных процессов в судостроении. Этого можно добиться путём применения высокопроизводительного технологического оборудования. Сегодня оно позиционируется как важнейшее направление обеспечения конкурентоспособности российских верфей [1].

В области судового корпусостроения проблема может быть решена применением гибких производственных систем (ГПС), включающих оборудование с ЧПУ, централизованный транспорт и управлением от ЭВМ [2]. Помимо ряда других преимуществ, ГПС имеют возможность сократить простои оборудования, связанные с переходом к изготовлению изделий другой номенклатуры, и увеличить производительность труда [3].

Таким образом, ГПС – это производственные системы, способные «гибко» реагировать на изменения номенклатуры изделий и технологии. Однако, излишняя «гибкость» таких систем существенно отражается на их стоимости, а следовательно, снижает эффективность их использования.

Возвращаясь к вопросу применения тяжёлого ручного труда и его неактуальности в современных реалиях, стоит отметить, что появляются новые технологии, в частности, внедряются многофункциональные сборочно-сварочные манипуляторы (МФССМ). Их



применение не связано с высокими экономическими и трудовыми затратами, характерными для механизированных поточных линий (МПЛ).

В современной литературе недостаточно информации, которая бы могла раскрыть суть работы ГПС, что доказывает актуальность дополнительного изучения проблемы. Для этого необходимо рассмотреть тенденции производственного процесса, отвечающие запросам современности, и изучить возможности внедрения в них ГПС.

Во время исследования был выполнен анализ состояния обеспечения гибкости сборочно-сварочного производства; обоснована и разработана соответствующая модель ГПС; выполнены экспериментальные исследования при единичном и мелкосерийном типах производства; разработаны рекомендации по повышению гибкости производственной системы сборочно-сварочного производства на основе применения механизированных МФССМ; выполнено технико-экономическое обоснование замены МПЛ на МФССМ при произвольной загрузке производства.

Опыт проводился на действующей модели универсальной краноманипуляторной установки СММ-100, приведённой на рисунке 1.



Рисунок 1 – Универсальная краноманипуляторная установка СММ-100

Для расчёта была выбрана типовая секция, состоящая из 4 листов, балок холостого продольного и рамного перекрёстного набора.

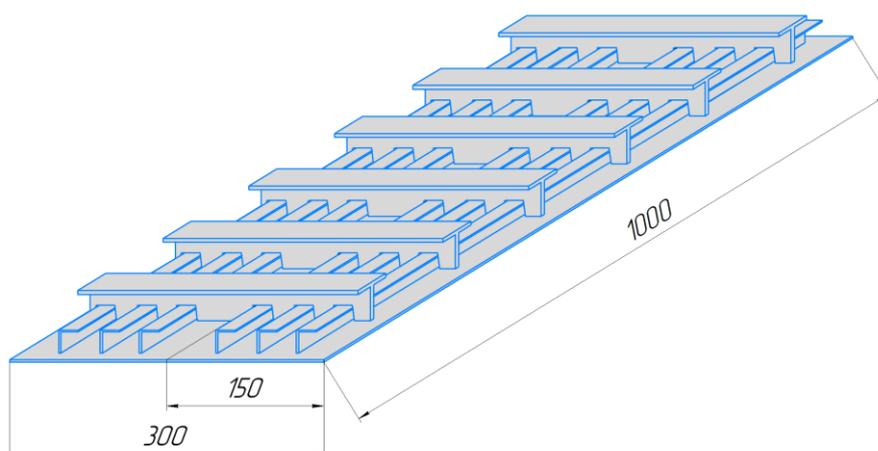


Рисунок 2 – 3D-модель типовой секции

Располагая исходными техническими данными и характеристиками ССМ-100, в ходе эксперимента были получены масштабные коэффициенты, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Фиксация времени перемещения исполнительных механизмов манипулятора

Продольное перемещение

Длина участка $l_{\text{уч}} = 93 \text{ мм} = 0,093 \text{ м}$

Время операции	Скорость выполнения операции
$t_1 = 12,73 \text{ с}$	$v_1 = 7,31 \text{ мм/с} = 0,007 \text{ м/с}$
$t_2 = 15,52 \text{ с}$	$v_2 = 5,99 \text{ мм/с} = 0,006 \text{ м/с}$
$t_3 = 11,33 \text{ с}$	$v_3 = 8,21 \text{ мм/с} = 0,008 \text{ м/с}$

Масштабный коэффициент: $K = 23,699$

Поперечное перемещение

Ширина участка $b_{\text{уч}} = 636 \text{ мм} = 0,636 \text{ м}$

Время операции	Скорость выполнения операции
$t_1 = 7,14 \text{ с}$	$v_1 = 89,076 \text{ мм/с} = 0,089 \text{ м/с}$
$t_2 = 5,25 \text{ с}$	$v_2 = 121,143 \text{ мм/с} = 0,121 \text{ м/с}$
$t_3 = 6,43 \text{ с}$	$v_3 = 98,911 \text{ мм/с} = 0,099 \text{ м/с}$

Масштабный коэффициент: $K = 1,645$

Поворот колонны

Время операции	Скорость выполнения операции
$t_1 = 7,01 \text{ с}$	$\omega_1 = 51,355 \text{ (град/с)}$
$t_2 = 6,89 \text{ с}$	$\omega_2 = 52,250 \text{ (град/с)}$
$t_3 = 6,75 \text{ с}$	$\omega_3 = 53,333 \text{ (град/с)}$

Масштабный коэффициент: $K = 2,906$

Вертикальное перемещение колонны

Время операции	Высота перемещения	Скорость перемещения
$t_1 = 7,42 \text{ с}$	$h_1 = 75 \text{ мм} = 0,075 \text{ м}$	$v_1 = 10,108 \text{ мм/с} = 0,010 \text{ м/с}$
$t_2 = 9,11 \text{ с}$	$h_2 = 82 \text{ мм} = 0,082 \text{ м}$	$v_2 = 9,001 \text{ мм/с} = 0,009 \text{ м/с}$
$t_3 = 7,00 \text{ с}$	$h_3 = 75 \text{ мм} = 0,075 \text{ м}$	$v_3 = 10,714 \text{ мм/с} = 0,011 \text{ м/с}$

Масштабный коэффициент: $K = 16,881$

В ходе эксперимента на модели МФССМ были произведены действия, соответствующие производственным операциям изготовления типовой секции, и получены значения времени, соответствующего их выполнению. В соответствии с масштабными коэффициентами было получено пересчитанное время производственных операций, которое в сумме дало время равное продолжительности изготовления одной секции в реальных производственных условиях.

На модели были произведены действия по установке траверсы с магнитными захватами, укладке листов, смене траверсы на устройство для подачи балок продольного и перекрёстного набора, смене этого устройства на агрегат для групповой приварки набора и др.

Для наглядности представления полученных результатов была применена диаграмма Ганта [4]. Такой формат представления больших массивов данных с их календарной синхронизацией был предложен Генри Лоренсом Гантом в 1910 году. Он представляет собой тип столбчатых диаграмм (задач), который используют в качестве иллюстраций графиков и планов. К слову, по данным из открытых источников, Гант изучал менеджмент именно на примере постройки кораблей и судов в период Первой мировой войны. Диаграмма Ганта способна показать весь цикл разработки изделия, его длительности и последовательности действий, в данном случае – типовой секции. Пересчитанное, с учётом масштабного коэффициента время так же представлено на диаграмме. Все процессы связаны между собой и следуют друг за другом.

Для упрощения информации в данной статье приведена диаграмма Ганта в сокращённом виде (рис. 3).

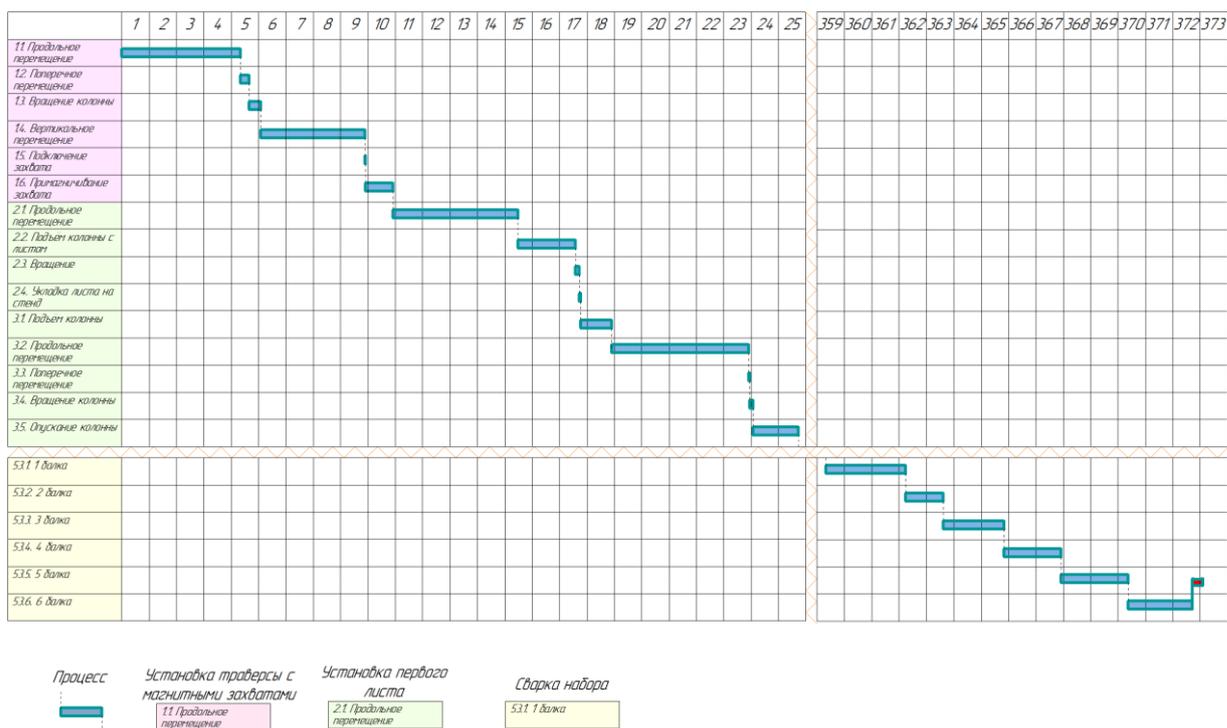


Рисунок 3 – Фрагмент представления полученных результатов с помощью диаграммы Ганта

Исходя из результатов проведённого эксперимента, пересчёта времени производственного цикла с учётом масштабных коэффициентов и опираясь на данные диаграммы, получено значение времени производственного цикла изготовления секции, равное 372,75 мин. = 6,21 ч.

Это значение лишь примерно на 5% больше времени производственного цикла при изготовлении аналогичной секции на МПЛ. Однако, объёмы производственной площади, занимаемой МФССМ, стоимость и сложность обслуживания существенно меньше, чем у МПЛ. Поэтому при единичном и мелкосерийном типах производства применение МФССМ значительно более эффективно по сравнению как с существующими, так и с перспективными МПЛ.

Список литературы:

1. Стратегия развития судостроительной промышленности до 2035 года // Сайт Правительства Российской Федерации. – URL: <http://government.ru/docs/38218/> (дата обращения: 13.05.2024)
2. Бурмистров, Е.Г. Основы механизации и автоматизации судостроительного производства : консп. лекций по дисц. «Системы механизации и автоматизации судостроительного производства» / Е.Г. Бурмистров. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2017. – 70 с.
3. Гибкие производственные системы (ГПС). – URL: <https://topuch.ru/lekcija-1-3-2-lekcija-2-1-1-3-lekcija-3-17-4/index5.html> (дата обращения: 13.05.2024)
4. Разбираем диаграмму Ганта — инструмент, который должен знать каждый менеджер // Skillbox Media. – URL: <https://skillbox.ru/media/management/kak-postroit-grafik-po-dannym-tablitsy-v-excel-podrobnaya-instruktsiya/> (дата обращения: 18.05.2024)

