



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

*Труды конгресса «Великие реки» 2018
Выпуск 7, 2018 г.*



ISBN 978-5-901722-60-2

УДК 629.5.081.24

Н.М. Цветкова, магистрант, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Е.Г. Бурмистров, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, д. 5

**ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
НА АО «ЗЕЛЕНОДОЛЬСКИЙ ЗАВОД ИМ. А.М. ГОРЬКОГО»**

Ключевые слова: крупногабаритные стальные конструкции; автоматизация производства; механизированная линия для изготовления крупногабаритных конструкций

В статье обозначена проблема необходимости совершенствования технологии изготовления крупногабаритных стальных конструкций. На примере АО «Зеленодольский завод им. А.М. Горького» рассмотрены некоторые направления совершенствования технологии изготовления крупных узлов и секций судовых корпусов, элементов мостовых конструкций.

В Российской Федерации активно возрождается судостроительная промышленность, которая является одной из основанных отраслей экономики и обеспечивает обороноспособность государства и развитие всех видов речной и морской деятельности страны. Развитие судостроения сопряжено с проектированием и постройкой судов новых типов, обеспечением их конкурентоспособности на внешнем и внутреннем рынке, а так же с повышением производительности труда.

Успешное решение указанных задач определяется состоянием корпусных видов производства судостроительных верфей, доля которых составляет до 45% общей трудоёмкости постройки судна. В связи с этим, повышение технического и технологического уровня именно корпусных производств имеет большое значение в целом для всего судостроения [1].

Основной повышения производительности труда при строительстве корпусов судов является механизация производственных процессов и их автоматизация. Они представляют собой сложную научную и техническую проблему. Решение этой проблемы должно осуществляться системно и на комплексной основе. Этим обусловлено, в частности и то, что в настоящее время на ряде передовых отечественных верфей ведётся значительная работа по модернизации производства с целью повышения не только его организационного, но и технического уровня. При этом, при проведении модернизации и реновации верфи, как правило, вынуждены ориентироваться на зарубежных производителей оборудования, так как отечественные производители в настоящее время не могут предложить верфям аналоги лучших зарубежных образцов оборудования в требуемых объёмах, современного уровня наукоёмкости и конкурентоспособной стоимости [2].

Наглядным примером является АО «Зеленодольский завод имени А.М. Горького», где завершается масштабная программа модернизации и технического перевооружения основных производств. Данное перевооружение позволяет заводу расширить номенклатуру

производимой продукции, например, кроме судов и кораблей производить крупногабаритные мостовые конструкции.

Вопросам повышения автоматизации и механизации изготовления судовых корпусных конструкций посвящены работы многих исследователей. Однако в настоящее время при большом объеме выполненных исследований практически отсутствуют приемлемые методы повышения эффективности производства за счёт его широкой механизации и автоматизации. В частности, отсутствуют универсальные расчётные методы определения требуемых технических параметров механизированных поточных линий сборки и сварки крупногабаритных стальных конструкций. В каждом конкретном случае задача решается индивидуально, с использованием большого количества исходных данных (часто избыточных).

В настоящее время в судостроении внедрено и успешно эксплуатируется большое количество средств механизации и автоматизации производства. В том числе, механизированные поточные линии для изготовления плоских и полуобъёмных секций корпуса судна и крупногабаритных мостовых конструкций. Это позволяет существенно увеличить производительность труда и сократить трудозатраты сборщиков, судовых разметчиков, корпусов металлических судов, сварщиков и т.д.

В условиях конкуренции за рынки реализации продукции судостроения большую роль играет уменьшение затрат на производство при обеспечении высокого качества выпускаемой продукции. Одним из главных направлений решения данной задачи является разработка и скорейшее внедрение новых (в том числе, и принципиально новых) средств производства, которые позволяют автоматизировать производственные процессы, обладают универсальностью и быстрой переналаживаемостью при смене номенклатуры изделий и применяемых технологий. Этим условиям в значительной степени отвечают гибкие производственные системы, создаваемые на основе промышленных роботов и автоматизированных линий. Повышение производительности труда при этом обеспечивается за счёт: уменьшения производственного цикла, который в этом случае уже не ограничивается физическими возможностями человека; более полной загрузки оборудования при его круглосуточной автоматической работе и более полного использования календарного времени; высвобождение обслуживающих рабочих. Однако, технические решения в области автоматизации производства крупногабаритных конструкций целесообразны, если они экономически обоснованы и рентабельны, что должно как можно точнее подтверждаться результатами технико-экономических расчётов [3].

В предварительном порядке капитальные вложения в автоматизацию производства таких конструкций могут быть определены по известной [3] формуле:

$$K_{\Pi} = K_{\text{пред}} + K_{\text{д}}(K_{\text{обз}} + K_{\text{ип2}} + K_{\text{зд2}} + K_{\text{тпп2}}), \quad (1)$$

где $K_{\text{пред}}$ – единовременные затраты на НИОКР (т.н. предпроизводственные затраты). Определяются путём составления сметы затрат, руб.

$K_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий долю капвложений, приходящихся на решение заданного числа задач по автоматизации производства. Определяется по формуле:

$$K_{\text{д}} = \frac{T_{\text{м}}}{F_{\text{з}}K_{\text{ти}}} = \frac{K_{\text{с}}}{3600BF_{\text{з}}K_{\text{ти}}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{м}}$ – время, затрачиваемое автоматизированными средствами технологического оснащения (СТО) на решение заданного числа задач, ч; $K_{\text{ти}}$ – коэффициент использования автоматизированных СТО; $K_{\text{с}}$ – среднее число операций, выполняемых с использованием механизированных/автоматизированных СТО; B – быстродействие автоматизированных СТО, операций/с; $F_{\text{з}}$ – годовой эффективный фонд времени работы СТО, ч.

$$K_{\text{обз}} = \sum_{i=1}^n C_i K_{oi}, \quad (3)$$

где C_i – цена единицы i -го СТО, руб.; K_{oi} – число единиц i -го СТО, шт.; n – число наименований СТО;

$K_{и.п.2}$ – капвложения на приобретение измерительных и диагностических приборов:

$$K_{и.п.2} = 0,1K_{об2}, \quad (4)$$

где 0,1 – доля от стоимости СТО;

$K_{зд2}$ – капвложения в строительство (ремонт) производственного здания, подготовку площадки в цеха для установки механизированных/автоматизированных СТО и т.п.:

$$K_{зд2} = C_{зд} S_{зд2}, \quad (5)$$

где $C_{зд}$ – стоимость 1 м² площади здания, руб.; $S_{зд2}$ – площадь, занимаемая вычислительным центром, м²;

$K_{тнп2}$ – капитальные вложения на транспортировку устанавливаемого механизированных/автоматизированных СТО и пусконаладочные работы:

$$K_{тнп2} = 0,15K_{об2}, \quad (6)$$

где 0,15 – доля от стоимости оборудования;

Для анализа экономического эффекта от внедрения автоматизированного оборудования можно прибегнуть к известному приёму сравнения с базовым значением. За базовое, можно принять вариант выполнения тех же работ вручную. Капитальные вложения для этого варианта можно рассчитать по формуле:

$$K_б = K_{об1} + K_{ип1} + K_{зд1} + K_{тнп1}, \quad (7)$$

Тогда удельные капитальные вложения можно определить по формуле

$$K_{п(б)}^{уд} = K_{п(б)} : N_{п(б)}, \quad (8)$$

где $N_{п(б)}$ – годовой объём выпуска продукции соответственно по предлагаемому и базовому вариантам.

Оценка методов механизации и автоматизации производственных процессов по экономической эффективности является более обобщённой по сравнению с оценкой по отдельным характеристикам. Сравнивая возможные варианты новых систем по их экономической эффективности, можно выявить наиболее рациональный вариант. Сравнивая принятый вариант по экономическим показателям с действующим, далее можно определить целесообразность модернизации производства в целом, а с учётом показателей технико-экономической эффективности – уточнить производственные характеристики предлагаемого варианта повышения технического уровня производства.

К основным критериям эффективности комплексной механизации и автоматизации производства можно отнести следующие.

1. Годовой экономический эффект $\mathcal{E}_г$ (рассчитывается по следующим условиям: 1) выбор базового варианта в зависимости от поставленной задачи; 2) приведение сравниваемых вариантов повышения технического уровня производства в сопоставимый вид по всем показателям, кроме показателя, эффективность которого определяется; 3) определение исходных данных по сведениям об уже освоенном производстве с известными и стабильными параметрами)

$$\mathcal{E}_г = (Z_1 - Z_2) = (C_1 + EnK_1) - (C_2 + EnK_2), \quad (9)$$

где $\mathcal{E}_г$ – годовой экономический эффект от применения механизированной/автоматизированной производственной системы; Z_1 – приведённые затраты по базовому варианту, рассчитанные на годовой объём продукции, производимой при использовании механизированной/автоматизированной производственной системы; Z_2 – приведённые затраты при использовании автоматизированной производственной системы; C_1 – себестоимость по базовому варианту; C_2 – себестоимость годового объёма продукции, производимой механизированной/автоматизированной производственной системы; E_n – нормативный коэффициент эффективности (прибыли); K_1 – капитальные вложения по

базовому варианту; K_2 – капитальные вложения при использовании предложенной механизированной/автоматизированной производственной системы.

Эффективность имеет место при положительной разнице приведённых затрат ($3_1, 3_2$).

2. Срок окупаемости дополнительных капвложений на комплексную механизацию/автоматизацию производства. Для расчёта его величины можно использовать формулу

$$T_{ок} = K_2 - K_1/C_1 - C_2. \quad (10)$$

Заметим, что расчётный срок окупаемости капвложений для механизированных/автоматизированных СТО не должен быть более 6-7 лет.

3. Капзатраты на внедрение механизированных/автоматизированных СТО. Они и по базовому и по предлагаемому варианту должны учитывать:

- стоимость СТО, специального инструмента, оснастки и приспособлений, средств диагностики и контроля СТО;
- затраты на доставку и установку СТО;
- стоимость проектных работ;
- стоимость разработки программ для СЧПУ;
- стоимость производственных и служебно-бытовых помещений.

4. Себестоимость годового объёма продукции. Показатель зависит от затрат на выпуск продукции, включая годовую заработную плату работающих, затраты на техническое обслуживание и ремонт СТО и др.

С учётом изложенного, окончательно принятый вариант комплексной механизации или автоматизации производства должен обеспечивать высокую эффективность капвложений, снижение себестоимости продукции, повышение её качества, уменьшение срока окупаемости дополнительных капиталовложений. Отсюда следует, что главными факторами, определяющими экономическую эффективность производства, являются:

- состав, стоимость и производительность СТО;
- коэффициент использования СТО;
- обеспечиваемая степень автоматизации производства и управления им;
- номенклатура производимой продукции;
- концентрация операций на позициях производственного потока;
- количество и стоимость специальных приспособлений и оснастки;
- количество и состав производственного и обслуживающего персонала;
- преимущество производства и стабильность его выходных параметров;
- сроки освоения производства и пуско-наладки СТО.

При расчёте эффективности производства более высокого организационного уровня, состоящего из нескольких подсистем (гибких производственных модулей (ГПМ), линий (ГПЛ), участков (ГПУ), а также робототехнических комплексов (РТК)), более точным следует считать определение эффективности каждой составляющей системы и последующее суммирование полученных результатов.

Одним из наиболее проблемных звеньев в технологической цепочке изготовления крупногабаритных конструкций является узловая и секционная сборка. Возможным направлением совершенствования методов такой сборки является разработка и внедрение как узкоспециализированных, так и универсальных робототехнических комплексов (РТК). Кроме того, себестоимость сборки возможно уменьшить за счёт сокращения объёмов пригоночных работ, применения механизированных инструментов и приспособлений, автоматизации сборочных работ в целом. Важно отметить, что лучшим решением для совершенствования сборочно-сварочного производства следует считать именно его автоматизацию.

При применении автоматизированных СТО к объектам сборки предъявляется ряд требований по обеспечению их технологичности. В частности, по взаимозаменяемости сборочных единиц, которые могут собираться автономно друг от друга; применение так называемой последовательной сборки; уменьшение направлений сборки; упрощение

траекторий движений рабочих органов сборочных агрегатов; обеспечение максимально возможной свободы доступа сборочного инструмента и др.

Процесс сборки с помощью РТК можно разделить на несколько этапов:

- 1) накопление деталей в магазинах, кассетах, бункерах, палетах, контейнерах и т.п.;
- 2) захват объекта сборки (детали) манипулятором робота, оснащённым специальным захватом либо специальным сборочным инструментом;
- 3) транспортирование объекта сборки промышленным роботом на сборочную позицию и от неё – на позицию накопления и выдачи;
- 4) ориентация объекта сборки в пространстве как при предварительной подготовке объектов к сборке, так и уже в ходе выполнения технологического процесса;
- 5) сопряжение собираемых деталей с помощью промышленного робота-сборщика или с помощью специальных сборочных СТО.

Существуют следующие основные концепции построения сборочных систем на основе РТК:

1. Вся сборочная операция расчленяется на подоперации (элементарные составляющие), каждая из которых выполняется узкоспециализированным промышленным роботом. Концепция востребована при автоматизации массового производства. При этом, как правило, не требуется сложного периферийного оборудования для подачи и ориентации собираемых в конструкцию деталей, сложных средств адаптации и т.п.

2. Робот-сборщик располагается в центре РТК. Вспомогательное оборудование с требуемым запасом деталей размещается вокруг него. В соответствии с установленной программой робот извлекает детали, например, из кассеты, и собирает их в заданную более сложную конструкцию. При этом применяются стационарные монтажные оснастка и приспособления.

3. Сборочный процесс разбивается на группы (категории) элементарных операций. Для операций каждой сборочной группы используют специализированный промышленный робот. При этом, работа всех роботов, входящих в РТК, управляется и координируется центральным управляющим процессором.

В процессе автоматизированной сборки важная роль отводится процессам сварки, которые также должны быть автоматизированы и роботизированы. Для этих целей может использоваться, например, декартовый сварочный робот модели Profarc DR-1700 (см. рис. 1), который имеет четыре управляемые оси. Три линейные оси расположены под прямым углом друг к другу. Четвёртая ось – ось вращения горелки – обеспечивает контролируемый поворот в пределах $\pm 200^\circ$. Данный робот позволяет решать примерно 80-90% технологических задач, для выполнения которых



Рис. 1– Робот Profarc DR-1700

обычно используются более сложные 5-6 осевые ангулярные (шарнирные) роботы. При этом цена и стоимость технического обслуживания такого робота значительно ниже.

Обычно робот используется в комплексе с различными приспособлениями для позиционирования и перемещения деталей: сварочными манипуляторами (позиционером), вращателями, поворотными столами и т.д.

Данный РТК является сравнительно бюджетным универсальным решением для сварки прямолинейных и кольцевых швов при изготовлении различных коробчатых конструкций (в том числе, с вваренными патрубками, штуцерами и т.п.), корпусов, кронштейнов, оснований, цилиндров, тройников, приварки крышек цилиндров, патрубков, штуцеров и др.

Лидирующие позиции в разработке роботизированных сварочных комплексов сегодня занимает компания Kuka (Япония) [5, 6]. Так, именно под этой маркой выпускаются роботы серии HW (Hollow Wrist – «полая кисть» (англ.) (см. рис. 2). Имея грузоподъёмность до 16 кг и радиус действия до 2016 мм, они с успехом выполняют сварку даже труднодоступных соединений. Благодаря наличию шестой оси с возможностью бесконечного вращения, исключаются временные затраты времени на возврат в начальное положение – сокращается время обработки детали [4].

Для уменьшения производственного цикла, в том числе и при производстве крупногабаритных мостовых конструкций, на заводе с успехом используется механизированная поточная линия производства компании IMG (Германия). Функционал линии проиллюстрирован схемой на рис. 3.

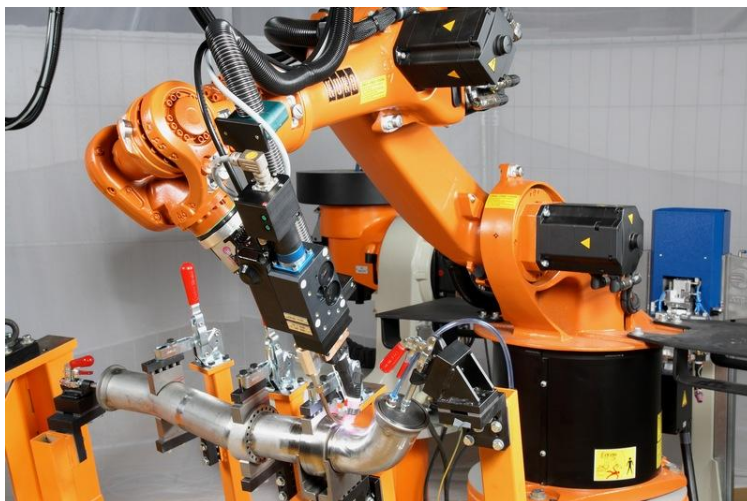


Рис. 2.– робот серии HW на основе техники Kuka

Линия предназначена для изготовления крупногабаритных корпусных конструкций (плоских секций), таких как секции: поперечных и продольных переборок; палуб; платформ; настилов; плоских частей бортов и днища и др.

Конфигурация линии сборки и сварки плоских секций и её комплектация определяется необходимым уровнем механизации/автоматизации технологического процесса сборки. На линии возможна сборка секций с применением односторонней сварки с обратным формированием шва без кантования или с двухсторонней сваркой с кантованием полотнища.

Типовой состав линии (по позициям): сборка и стыковая сварка полотнища; кантование полотнища; контуровка, разметка, зачистка и маркирование полотнища; установка и прихватка набора главного направления; приварка набора главного направления; установка перекрёстного набора; приварка перекрёстного набора; установка наружной обшивки, контроль и отгрузка секции.

Вывод:

Развитие судостроения в XXI веке является важным фактором, определяющим национальную безопасность государства в сфере морской деятельности: транспортной, оборонной, энергетической, технологической и др. Кроме того, современное судостроение – отрасль, обладающая значительным научно-техническим и производственным потенциалом и оказывающая существенное влияние на развитие техники и технологий в прочих важных промышленных отраслях. Раскрытие этого потенциала возможно на основе широкой механизации и автоматизации производства путём разработки и внедрения комплексно-

механизированных и автоматизированных поточных линий, робототехнических комплексов и гибких производственных модулей и систем управления ими, создаваемых на основе последних достижений в области робототехники и информационных технологий. Отмеченное актуально и в производстве крупногабаритных стальных конструкций для судостроения, мостостроения, нефтегазовой и химической промышленности.

Современный рынок промышленных роботов и роботизированных комплексов может предложить большое разнообразие решений для любого производства. Современные японские, немецкие, южнокорейские и др. сборочные и сварочные роботы уже сегодня в состоянии решать большинство традиционных судостроительных задач.

В России, в рамках программ по импортозамещению делаются успешные шаги по созданию автоматизированных и автоматических машин и комплексов-аналогов зарубежного оборудования. Ожидается, что это должно положительно сказаться на экономике российских судостроительных предприятий.

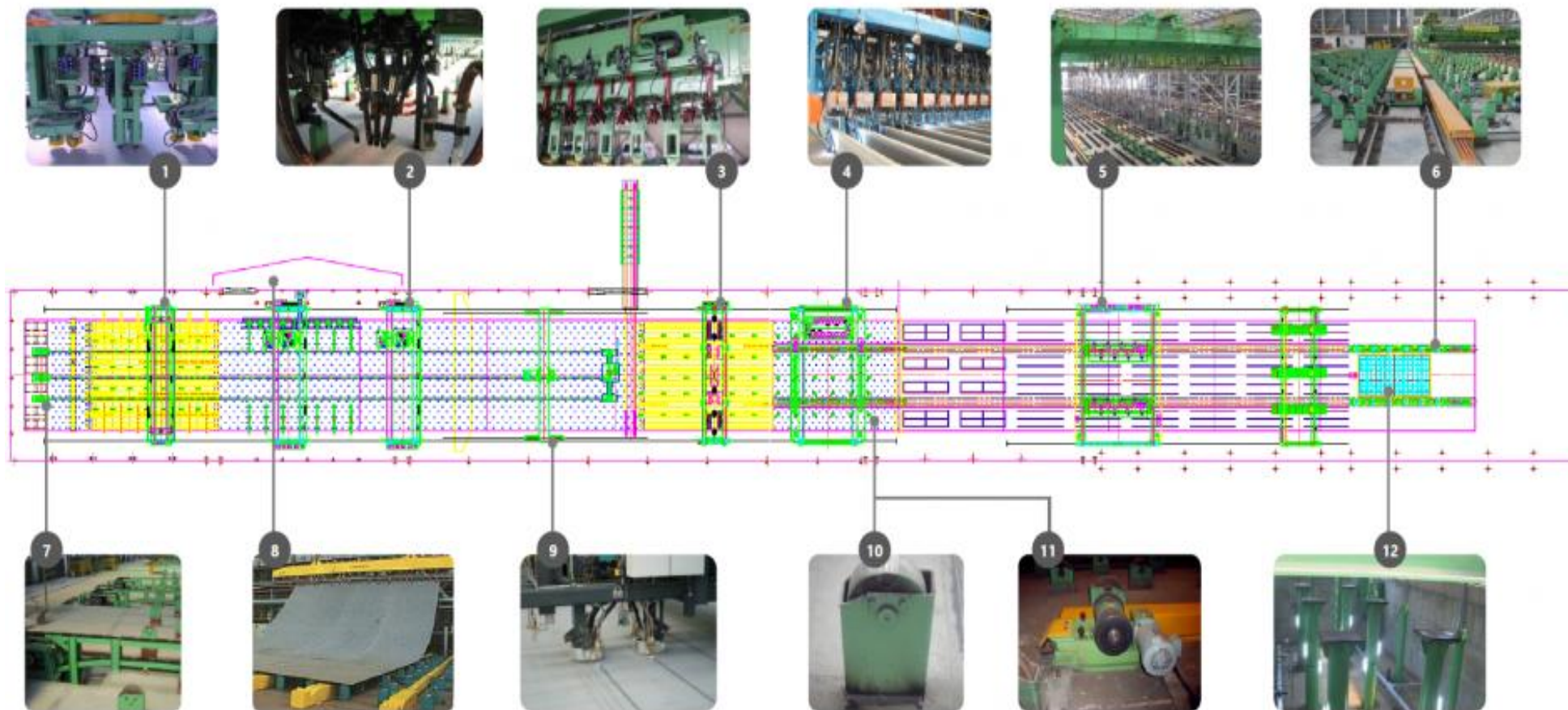


Рис. 3 – Структурная схема механизированной поточной линии IMG

Список литературы:

- [1]. Кулик Ю.Г., Бурмистров Е.Г. Логистика процессов сборочно-сварочного производства: Учеб. пособие / Под общей редакцией проф. Ю.Г. Кулика – Н. Новгород.: изд. ВГАВТ, 2001. – 109 с.
- [2]. Интернет ресурсы: www.pemamek.com, www.korabley.net, <http://www.uniprofit.ru>.
- [3]. Основы механизации и автоматизации судостроительного производства: Учебник/ Г.В. Бавыкин, В.П. Доброленский, А.В. Догадин и др.; Под ред. В.Ф. Соколова. –Л.: Судостроение, 1989.-360с.
- [4]. Brodogradnja. – 2005. – № 4.
- [5]. Shipbuilding and Marine Engineering in Japan. — Japan Ship Centre (JETRO), 2013.
- [6]. Сенюшкин Н. С., Телегина К. А. Концепция развития современного судостроения // Молодой учёный. – 2011. – №4. Т.1. – С. 56-59. – URL <https://moluch.ru/archive/27/2994/>

THE MAIN ASPECTS OF IMPROVING THE TECHNOLOGY THE PRODUCTION OF LARGE STEEL STRUCTURES JSC "ZELENODOLSKY PLANT THEM. A.M. GORKY»

*N.M. Tsvetkova (graduate student of FGBOU VO "VGAVT");
E.G. Burmistrov (prof., of FGBOU VO "VGAVT»)*

Keywords: large-size steel structures; automation of production; mechanized line for the manufacture of large-size structures

The article identifies the problem of the need to improve the technology of manufacturing large-size steel structures. For example, JSC "Zelenodolsky plant them. A. M. Gorky" the ways of improvement of manufacturing technology of large sections of ship hulls, bridge elements.