



Vitaliy N. Perov
Перов Виталий
Николаевич

УДК 624.971:629.5
Р 25

ORGANIZATION OF SPECIALIZED AREA OF SERIAL WDPP COLUMN PRODUCTION ON PUBLIC JOINT STOCK “CHERNOMORSKY SHIPBUILDING YARD”

**ОРГАНІЗАЦІЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО УЧАСТКА
СЕРІЙНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОЛОНН
ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ПАО «ЧСЗ»**

DOI 10.1004/978-2-321-97836-6

Vitaliy N. Perov

В. Н. Перов, ст. преподаватель
кафедры технологии судостроения
vitalii.petrov@nuos.edu.ua
ORC ID: 0000-0002-9045-2275

Vladimir S. Ukho

В. С. Ухо, ассистент кафедры технологии судостроения
volodymyr.ukho@nuos.edu.ua
ORC ID: 0000-0002-6619-0180



Vladimir S. Ukho
Ухо Владимир
Сергеевич

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Nikolaev

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, г. Николаев

Abstract. The organization of specialized area of serial marine WDPP column production has been proposed. The aim of research is choosing and rational distribution of modern technological equipment at the manufacture. Experimentally the main freight traffics were defined, the production area was divided into separate parts and according to this the main technological equipment was placed. The prime cost of the necessary equipment and minimum quantity of produced columns, which are necessary for the payback of such equipment were calculated. The research results can be applied for WDPP column design in shipbuilding and another branch of industry. In view of the serial production of WDPP columns the selected equipment has little payback period.

Keywords: rational distribution, equipment, tower, economic efficiency, return of investment.

Аннотация. Предложена схема рационального размещения технологического оборудования для промышленного серийного изготовления колонн морских ветроэнергетических установок. Подобрано соответствующее оборудование и рассчитаны экономическая эффективность и окупаемость предложенного участка.

Ключевые слова: рациональное размещение, оборудование, колонна, экономическая эффективность, окупаемость.

Анотація. Запропоновано схему раціонального розташування технологічного обладнання для промислового серійного виготовлення колон морських вітроенергетичних установок. Підбрано відповідне обладнання та розраховано економічну ефективність і окупність запропонованої ділянки.

Ключові слова: раціональне розташування, обладнання, колона, економічна ефективність, окупність.

References

Galkin V.A. *Spravochnik po sborochno-svarochnoy osnastke tsehov verfi* [Reference book on assembling and welding accessory of shipyard shops]. St. Petersburg, Shipbuilding, Publ., 1983.

Gurevich I. M., Zelichenko A. Ya., Kulik Yu. G. *Tekhnologiya sudostroeniya i sudoremonta* [Shipbuilding and ship repairing technology]. Moscow, Transport Publ., 1976.

Machine for assembling and welding of “Crocodile” technological seam. Available at: <http://haeusler.ru/products/5/16/> (Accessed 10 April 2013).

Matskevich V.D., Ganov E.V., Dobrolenskiy V.P., Kravchenko V.S., Leyzerman V.Yu., Naumov V.D., Nikitin E.I. *Osnovy tekhnologiy sudostroeniya* [Shipbuilding technology basics]. St. Petersburg, Shipbuilding Publ., 1980.

Rashkovskiy O.S., Ukho V.S. *Konstruktsiia opornoj kolony vitroenergetychnoho ustatkuvannia* [Structure of wind energy tower]. Patent UA, no. u 201302330, 2013.

Reguliruemyy rolikovyy vrashchatel serii GLHK [Regulated roller rotator of GLHK series]. Available at: <http://tdonbass.com.ua/new/article/reguliruemi-rolikovi-vrasxatel-serii-GLHK>. (Accessed 20 March 2013).

Svarochnye kolonny [Welding columns]. Available at: <http://shtorm-its.ru/kat/column.pdf>. (Accessed 4 April 2013).

Ukho V. S. Analiz konstruktivnykh opornykh kolonn razlichnykh tipov dlya morskikh vetroenergeticheskikh ustanovok [Analyses of column structures of different types for marine wind driven power plants], *Zbirnyk naukovykh prats NUK — The Collection of Scientific Publications of NUS*, 2010, no. 5, pp. 27–34.

Ukho V. S. Sovremennoe sostoyanie VEU i problema izgotovleniya kolonn dlya nikh [Current state of WDPP and problems of column production for them]. *Innovatsii v sudostroenii i okeanotekhnike. Materialy I Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Innovations in shipbuilding and ocean engineering. Materials of the 1st International scientific-technical conference], Nikolaev, NUS Publ., 2010, pp. 45–46.

4-valkovye gidravlicheskie valtsy dlya gibki lista [Four-high hydraulic rollers for plate bending]. Available at: www.izh-stanok.ru/674.html. (Accessed 21 April 2013).

Elkinton C. N., Manwell J. F., McGowan J. G. Offshore Wind Farm Layout Optimization (OWFLO). Project: an Introduction. Massachusetts, University of Massachusetts Publ., 2006.

Problem statement. Nowadays the construction of wind driven power plants (WDPP) in Ukraine is as an indicator of economic development of the country and the power supply of the regions in which these WDPP are installed. At the beginning of 2013 in Ukraine the wind driven power plants (WDPP) have been installed and commissioned in regions such as the Nikolayev, Donetsk, Kherson region, and in the Crimea. As each of the WPS consists of ten or more WDPP, there is a need for quick and high-quality production of WDPP elements. As the column is the most expensive in the structure of a WDPP [9], special attention should be paid to its production.

Analysis of recent research and publications. Most modern columns of a WDPP are tubular smooth-wall structures of cylindrical or conical shape, consisting of individual sections of 20–30 meters long each and interconnected by flanges [9]. This structure is more workable in terms of production, but at the same time for providing strength and stability of the column there is a need to increase the thickness of coating which leads to weight and cost increase.

Along with that, it is scientifically based and proved that application of internal longitudinal stiffening ribs can reduce steel intensity of columns by 20–25% retaining all the strength characteristics [5]. As a result, a need arises for a practical industrial reasonability of column production with longitudinal stiffening ribs.

The article aim is to develop the rational production technology of the column of a marine wind driven power plant and to design a specialized area of industrial serial production of individual sections of the marine WDPP column.

Basic material. The technological process of column production with internal longitudinal stiffening ribs starts with preprocessing of sheet and section metal bars, where the pre-heating, flattening, shot blasting and

Постановка проблемы. В настоящее время строительство ветроэнергетических установок (ВЭУ) в Украине является как показателем развития экономики страны, так и энергообеспечением регионов, в которых данные ВЭУ устанавливаются. Так, на начало 2013 года в Украине смонтированы и запущены в работу ветроэлектростанции (ВЭС) в таких регионах, как Николаевская, Донецкая, Херсонская области, а также в АР Крым. Поскольку каждая из ВЭС состоит из десяти и более ВЭУ, возникает необходимость в быстром и качественном изготовлении этих элементов. Наиболее дорогостоящей в составе всей ВЭУ является колонна [8], поэтому ее изготовлению следует уделять особое внимание.

Анализ последних исследований и публикаций. В большинстве случаев колонна современной ВЭУ представляет собой трубчатую гладкостенную конструкцию цилиндрической либо конической формы, состоящую из отдельных секций длиной по 20...30 м каждая, соединенных между собой на фланцах [9]. Такая конструкция является более технологичной с точки зрения изготовления, но в то же время для обеспечения прочности и устойчивости колонны необходимо увеличивать толщину обшивки, что приводит к увеличению массы колонны и ее себестоимости.

Вместе с тем научно обосновано и доказано, что при применении внутренних продольных ребер жесткости удается снизить металлоемкость колонны на 20...25 %, сохранив все прочностные характеристики [5]. В связи с этим становится практически целесообразно изготовление колонны с продольными ребрами жесткости.

ЦЕЛЬЮ РАБОТЫ является разработка рациональной технологии изготовления колонны морской ветроэнергетической установки, а также проектирование специализированного участка промышленного серийного изготовления отдельных секций колонны морской ВЭУ.

Изложение основного материала. Технологический процесс изготовления колонны с внутренними продольными ребрами жесткости начинается

coating of bars take place [3]. Then the bar of sheet metal is cut to the appropriate size and transported to the specialized area for column production. Firstly sheet bending on the four-high bending rolls of an open type takes place till obtaining of a closed round shell ring. On the obtained shell ring using the welding column and driving roller the welding of longitudinal seam from two sides is carried out. Using the clamping “crocodile” the assembly of shell rings and welding of an internal ring seam between them is performed, then the assembled section of the column is transferred to the driving rollers where welding of an external ring seam of the welding column is carried out. Using the same equipment installation and welding of one of the flanges to the last shell ring of the column is performed [11], after it each stiffening rib is installed and welded by means of column rotating. Then installation and welding of the second flange and the doors sill are performed. Following these procedures the column section is transferred to the area for installation of saturation and delivery to the customer.

Marine WDPP column production due to the above mentioned technology shall be performed in the closed workshops on the specialized areas with maximum use of mechanized and automated work. In order to achieve this aim the construction of equipment and new buildings and renovations of existing production capacity for advanced demands is possible. Organization of new workshops is a rather expensive process due to the high cost of work-bench setups: construction of the roof and walls of the building, installation and power-supplying of the crane equipment; system installation and connection of posts of consumable materials of consumption materials (gas, acetylene, power, etc.); production and purchasing of equipment (racks, cables, tilters etc.) [2]. It is more reasonable to reequip the existing workshops at one of the heavy industry enterprises of the region.

One of this enterprise is PJS “Chernomorsky Shipbuilding Yard”, a shipyard of Mykolayiv which has the large production capacity for the full cycle of production of ships and metal structures for various industries. For organization of the specialized area of WDPP column production it is reasonable to reequip the old building of workshop No. 11. This workshop is the basic building block of the shipbuilding cycle. The assembly welding work on production of sections and blocks of ship hulls is carried out there. Old building of workshop No. 11 has the following characteristics:

- 1) The amount of bays — 4 bays;
- 2) The dimensions of each bay — 27.0 m (width), 74.0 m (length) and 14.3 m (height to the crane hook);
- 3) The dimensions of the main bay — 123.0 m (length), 14.0 m (width);

на участке предварительной обработки заготовок листового и профильного металла, где выполняют предварительный прогрев заготовок, их правку, дробеметную очистку и грунтовку [2]. Далее заготовка листового металла обрезается до нужного размера и передается на специализированный участок для изготовления колонны. На этом участке сначала выполняют гибку листов на четырехвалковых гибочных вальцах открытого типа до получения замкнутой круговой обечайки. Далее на полученной обечайке с помощью сварочной колонны и роликового вращателя осуществляют сварку продольного шва автоматом с двух сторон по очереди. С помощью зажимного устройства «крокодил» собирают обечайки и сваривают внутренний кольцевой шов между ними, после чего собранную секцию колонны передают на роликовые вращатели, где выполняется сварка наружного кольцевого шва сварочной колонной. С помощью того же оборудования осуществляют установку и приварку одного из фланцев к крайней обечайке колонны [11], после чего устанавливают и приваривают последовательно каждое продольное ребро жесткости, вращая колонну. Затем выполняют установку и приварку второго фланца секции и комингса входной двери. После перечисленных операций секция колонны передается на площадку для установки насыщения и сдачи заказчику.

Изготовление колонны морской ветроэнергетической установки по приведенной технологии должно осуществляться в закрытых цехах на специализированных участках с максимальным применением механизированного и автоматизированного труда. Для реализации поставленной цели возможны как постройка и оборудование новых зданий, так и переоборудование существующих производственных мощностей под выдвигаемые требования. Организация новых цехов — достаточно дорогостоящий процесс из-за больших затрат на оборудование рабочих мест: возведение непосредственно крыши и стен здания; установка и энергообеспечение кранового оборудования; монтаж систем и подключение постов расходных материалов (газа, ацетилена, элеткроэнергии и др.); изготовление или закупка оснастки (стеллажей, тросов, кантователей и др.) [1]. В связи с этим более целесообразно переоборудование существующего цеха на одном из предприятий тяжелой промышленности региона.

Одним из таких предприятий является ПАО «Черноморский судостроительный завод» — судостроительное предприятие города Николаева, имеющее большие производственные мощности для полного цикла изготовления как судов, так и металлоконструкций для различных отраслей промышленности. Для организации специализированного участка изготовления колонн ВЭУ целесообразно переоборудовать старый корпус цеха 11. Этот цех является структурной единицей основного цикла производства судов. В нем выполняются сборочно-сварочные работы по изготовлению секций и блоков корпусов судов.

4) The dimensions of the entrance — 13.8 m (width) and 12.0 m (height);

5) The crane crampon of the I bay — 1/c 15 t — 1 unit, 1/c 30t — 2 units;

6) The crane crampon of the II bay — 1/c 30 t — 2 units;

7) The crane crampon of the III bay — 1/c 38 t — 2 units;

8) The crane crampon of the IV bay — 1/c 75 t — 1 unit, 1/c 80 t — 2 units.

Also old building of workshop No. 11 has two railway tracks — in the main bay with the indicated dimensions of entrance and in the opposite side with the entrance of 4.6 m wide and 5.7 m high.

From the main characteristics of the old building of the workshop we can see that it has not powerful crane crampon which complicates construction of massive sections and blocks for a modern navy [4]. But during WDPP column production the crane crampon lifting capacity will be sufficient to move separate shells rings and the entire section of the column through the workshop (the weight of the lower section is ≈ 32 tons).

When designing a specialized area for marine WDPP column production the main production line will be held according to the bay numeration: the first bay begins with shell rings production, and in the fourth the installation of the saturation and exporting of finished products takes place. At the same time the movement of the section parts of the column and the whole column will be carried out across the assembly bays and along the main bay. Thus, we can achieve the economy of the production areas, rationally distribute the technological equipment and also simplify the lifting and transport operations (to transport columns with one crane).

The distribution of equipment on the bays is the following (Fig.1):

– the 1st bay has the bending rolls for shell rings production, the welding column for longitudinal seam welding and also the areas for storing the sheets and finished shell rings of column section;

– the 2nd bay contains the accumulator for longitudinal frame supply (the installation and welding of the frame is performed in the 3rd bay), the installation of shipbuilding “Crocodile” unit for shell rings assembly, the rollers for welding the flange to the shell ring, and also the welding column providing the ring seam welding and welding of the flange to the shell ring;

– the 3rd bay contains the rotational rollers with the device of supply and welding of the longitudinal frame, the rotational rollers with the welding column for

Старый корпус цеха 11 имеет следующие характеристики:

1) количество пролетов — 4;

2) габариты каждого пролета — 27,0 м (ширина), 74,0 м (длина) и 14,3 м (высота до гака крана);

3) габариты главного пролета — 123,0 м (длина), 14,0 м (ширина);

4) размеры въездных ворот — 13,8 м (ширина) и 12,0 м (высота);

5) крановое оборудование I пролета — 1 шт. (грузоподъемностью 15 т), 2 шт. (30 т);

6) крановое оборудование II пролета — 2 шт. (30 т);

7) крановое оборудование III пролета — 2 шт. (38 т);

8) крановое оборудование IV пролета — 1 шт. (75 т), 2 шт. (80 т).

Старый корпус цеха 11 имеет также два железнодорожные пути — в главном пролете с указанными габаритами въездных ворот и с противоположной стороны с воротами 4,6 м шириной и 5,7 м высотой.

Как видно из основных характеристик, старый корпус цеха имеет неможное крановое оборудование, что усложняет постройку крупногабаритных секций и блоков для современного морского флота [4]. Но для изготовления колонн ВЭУ грузоподъемности кранового оборудования вполне достаточно для перемещения по цеху как отдельных обечаек, так и всей секции колонны (вес нижней секции составляет примерно 32 т).

При планировке специализированного участка изготовления колонн морских ВЭУ основная производственная линия будет проходить согласно нумерации пролетов: в первом пролете начинается изготовление обечаек, а в четвертом — установка насыщения и вывоз готовой продукции. При этом перемещение как частей секций колонны, так и всей колонны будет осуществляться поперек сборочных пролетов, вдоль основного пролета. Таким образом удастся достичь экономии производственных площадей, рационально разместить технологическое оборудование, а также упростить подъемно-транспортные операции (выполнять транспортировку колонны одним краном).

Размещение оборудования по пролетам показано на рис. 1:

– в первом пролете размещаются гибочные вальцы для изготовления обечаек, сварочная колонна для сварки продольного шва, а также площади для складирования листов и готовых обечаек секции колонны;

– во втором пролете находятся накопитель для подачи продольного набора (установка и приварка набора осуществляются в III пролете), установка типа судостроительного «крокодила» для сборки обечаек, ролики для приварки фланца к обечайке, а также сварочная колонна, обеспечивающая сварку кольцевых швов и приварку фланца к обечайке;

– в третьем пролете расположены вращательные ролики с устройством подачи и сварки продольного набора, вращательные ролики со сварочной

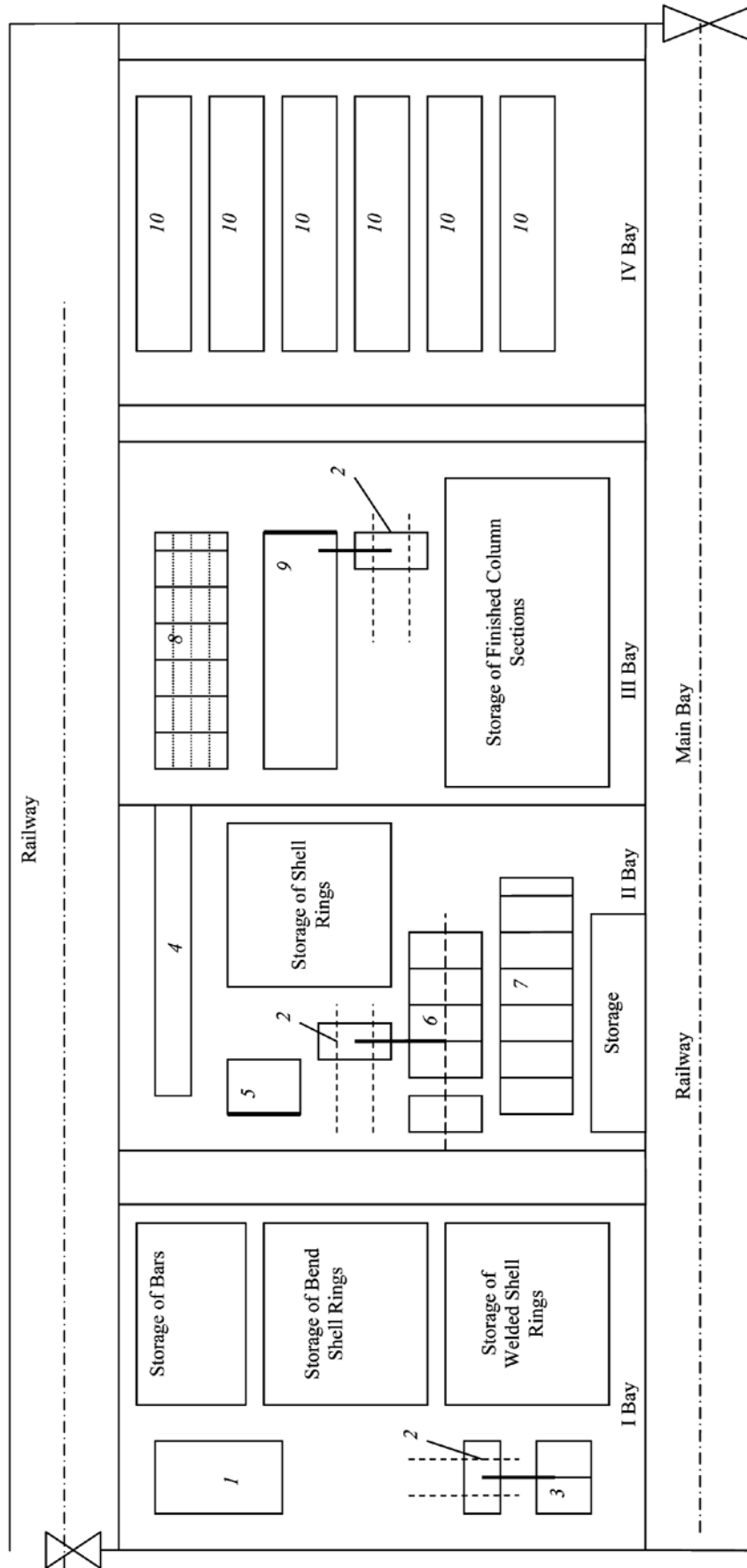


Fig. 1. The scheme of technological equipment location in workshop No. 11

Рис. 1. Схема размещения технологического оборудования в цехе 11:

1 — four-high bending rolls / гибочные четырехвалковые вальцы; 2 — welding column / сварочная колонна; 3 — welding of longitudinal seam / сварка продольного шва; 4 — accumulator for longitudinal r.r. supply / накопитель для подачи продольных ребер жесткости; 5 — welding of flange / приварка фланца; 6 — shipbuilding "Crocodile" / судостроительный «крокодил»; 7 — installation and welding of door sill / установка и приварка комингса двери; 8 — installation of the internal saturation into the finished column section / установка в готовую секцию внутреннего насыщения Main Bay — главный пролет; 1-IV Bay — 1-IV пролеты; Railway — железнодорожный путь; Storage of Bars — складирование заготовок; Storage of Bend Shell Rings — складирование согнутых обечаяек; Storage of Welded Shell Rings — складирование заваренных обечаяек; Storage of Shell Rings — складирование обечаяек; Storage of Finished Column Sections — складирование готовых секций колонны

welding of the flange to the column and also the area for storing the finished sections and their parts;

– in the 4th bay the supports for column sections distribution and installation of the saturation before painting are located.

For organization of the specialized area on marine WDPP column production the modern technological equipment has been chosen which is proposed by the leading manufactures at the industry market.

1. *Four-high plate-bending rolls* [1] are the hydraulic rollers for bending the sheets of thickness up to 50 mm. The rollers can perform preliminary bend, conical bend, ellipse-shaped bend. They operate as symmetric and asymmetric bend; make the preliminary bend on both ends of the sheet within one running. The rollers have two independent hydraulic circuits with individual motors and planetary reducing gears (Fig. 2).

2. *Regulated roller rotators of GLHK series* [7] are designed for cylindrical items rotation with the preset speed during manual, semi-automatic and automatic welding of inner and outer ring seams and also for positioning products on march speed in a position convenient for welding. The roller rotators allow the operator to control the rotation and carry out the smooth control of speed. Rotators with load of up to 100 tones are produced with rubber-tired rollers which relieve the impact load during automatic welding (Fig. 3).

3. *A welding column* [8] is a construction designed for mounting and moving the welding units during ring and longitudinal seams welding (Fig. 4). It is mounted

колонной для приварки второго фланца к колонне, а также площади для складирования готовых секций и их частей;

– в четвертом пролете располагаются опоры для размещения секций колонн и установки в них насыщения перед покраской.

Для организации специализированного участка по изготовлению колонн морских ВЭУ выбрано современное технологическое оборудование, предлагаемое на рынке промышленности ведущими производителями.

1. *Четырехвалковые листогибочные вальцы* [10] — гидравлические вальцы для гибки листа толщиной до 50 мм. Вальцы могут выполнять предварительный изгиб, конический изгиб, изгиб в форме эллипса. Они работают в режиме асимметричного и симметричного изгибов, делают предварительный изгиб на обоих концах листа за один проход. Вальцы имеют два независимых гидравлических контура с отдельными двигателями и планетарными редукторами (рис. 2).

2. *Регулируемые роликовые вращатели серии GLHK* [6] предназначены для вращения цилиндрических изделий с заданной скоростью во время ручной, полуавтоматической и автоматической сварки наружных и внутренних кольцевых швов, а также для позиционирования изделий на маршевой скорости в положение, удобное для сварки. Роликовые вращатели позволяют оператору управлять вращением и осуществлять плавную регулировку скорости. Вращатели с нагрузкой до 100 т изготавливаются с обрезиненными роликами, что смягчает ударные нагрузки при автоматической сварке (рис. 3).

3. *Сварочная колонна* [7] — конструкция, предназначенная для крепления и перемещения сварочных аппаратов при сварке кольцевых и прямолинейных швов (рис. 4). Она закреплена на платформе

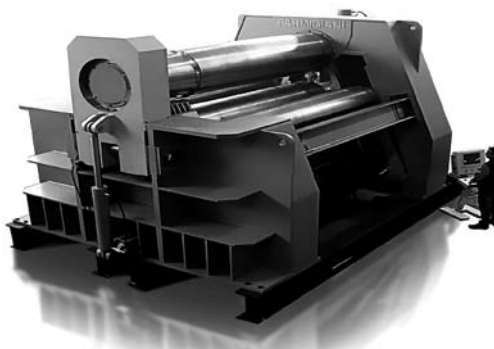


Fig. 2. Four-high plate-bending rolls.

Рис. 2. Четырехвалковые листогибочные вальцы



Fig. 3. Regulated roller rotators of GLHK series.

Рис. 3. Регулируемые роликовые вращатели серии GLHK

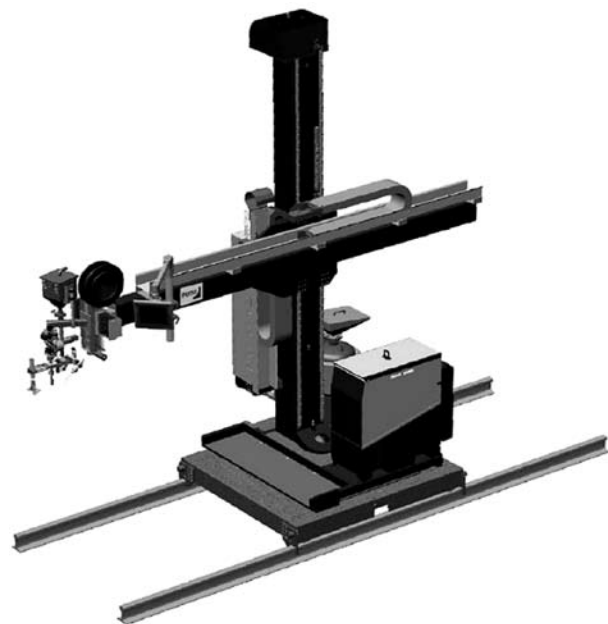


Fig. 4. LCH welding column.

Рис. 4. Сварочная колонна LCH

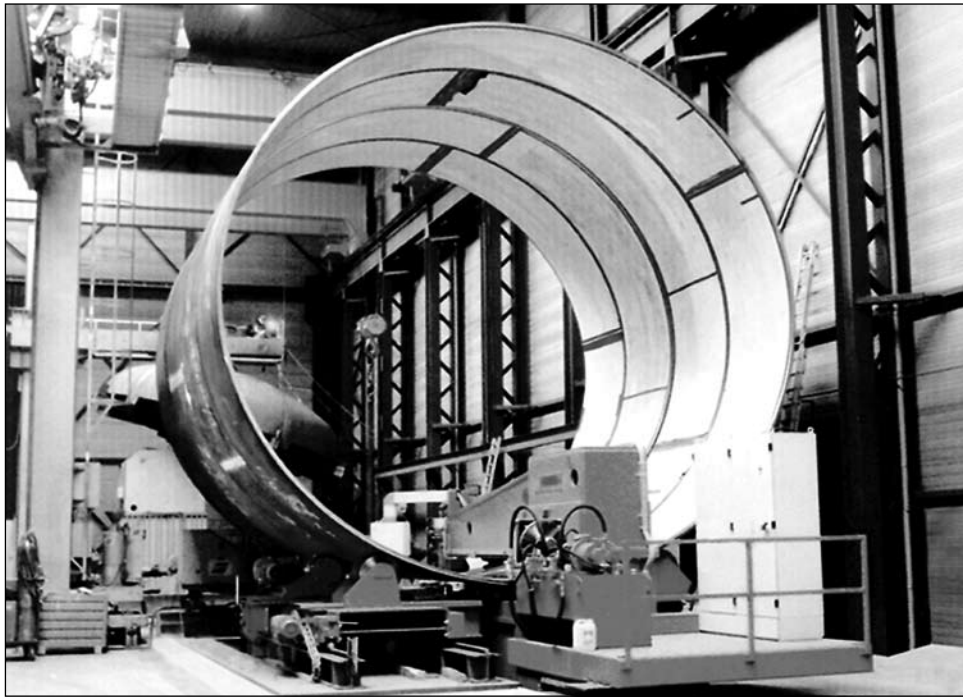


Fig. 5. Shipbuilding “crocodile”

Рис. 5. Судостроительный «крокодил»

on a platform in the slewing ring to rotate within 360 degrees. Horizontal and vertical movement of the console of the welding center and displacement of the basis is performed using the three-phase engines with the speed range of 150–2500 mm/min. The column may be as of a stationary type as on railway tracks.

4. A “crocodile” or machine of a clamping type [5] is a mobile workstation designed for multi-directional alignment of shell rings, welding of a technological seam and welding of two pieces together (Fig. 5). Work trucks are installed on railway tracks which allows their pushing in or out from the areas of pieces assembly.

The cost and amount of the given equipment is in Table 1.

в опорно-поворотном круге для вращения на 360 град. Горизонтальное и вертикальное движение консоли сварочного центра а также перемещение основания осуществляются с помощью трехфазных двигателей с диапазоном скоростей 150...2500 мм/мин. Колонна может быть как стационарного типа, так и на рельсовых путях.

4. «Крокодил», или машина зажимного типа [3], — передвижная рабочая станция, предназначенная для разнонаправленной центровки обечаек, сварки технологического шва и сварки двух частей вместе (рис. 5). Рабочие тележки установлены на рельсовых путях, что дает возможность при необходимости задвигать их или выдвигать из зоны сборки заготовок.

Стоимость и количество указанного оборудования приведены в таблице.

Table 1. Calculation of cost of required assembly and welding equipment

Таблица 1. Расчет стоимости необходимого сборочно-сварочного оборудования

№ п/п	Name / Наименование	Cost, thous. UAH / Стоимость, тыс. грн	Amount, unit / Количество, шт.	Sum, thous. UAH / Сумма, тыс. грн
1	Four-high bending rolls Четырехвалковые гибочные вальцы	810,7	1	810,7
2	Rotational rollers Роликовые вращатели	13,6	3	40,8
3	Welding column Сварочная колонна	319,0	3	957,0
4	Shipbuilding crocodile Судостроительный «крокодил»	157,48	1	157,48
5	Welding tractor Сварочный трактор	124,2	2	248,4
Total amount, thous. UAH / Суммарная стоимость, тыс. грн				2214,38

If we divide the total cost of assembly and welding equipment by the economic effect from marine WDPP column production on the specialized area [9], we will obtain the minimum number of columns n_{\min} which is necessary for equipment payback:

$$n_{\min} = \frac{2214,38}{35,7} = 62,0 \text{ units.}$$

CONCLUSION. All equipment listed above is not available at the shipyard of PJS “Chernomorsky Shipbuilding Yard” and is necessary for organization of the specialized area of marine WDPP column production, but calculation of the economical efficiency has shown that in terms of successful implementation of the designed area for payback of the direct costs for the equipment it is necessary to produce 62 WDPP columns.

Разделив суммарную стоимость сборочно-сварочного оборудования на экономический эффект от изготовления колонны морской ВЭУ на специализированном участке [9], получим минимальное количество колонн n_{\min} , которое необходимо изготовить для окупаемости оборудования:

$$n_{\min} = \frac{2214,38}{35,7} = 62,0 \text{ шт.}$$

ВЫВОДЫ. Все перечисленное оборудование, необходимое для организации специализированного участка изготовления колонн морских ВЭУ, отсутствует на судостроительном заводе «ПАО «ЧСЗ», но расчет экономической эффективности показал, что при успешном внедрении в производство спроектированного участка для возвращения прямых затрат на оборудование необходимо изготовить 62 колонны ветроэнергетических установок.

Список литературы

- [1] **4-валковые гидравлические вальцы для гибки листа** [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.izhstanok.ru/674.html>. — Заголовок с экрана.
- [2] **Галкин, В. А.** Справочник по сборочно-сварочной оснастке цехов верфи [Текст] : Учебник / В. А. Галкин. — Л. : Судостроение, 1983. — 304 с.
- [3] **Гуревич, И. М.** Технология судостроения и судоремонта [Текст] : Учебник для вузов / И. М. Гуревич, А. Я. Зеличенко, Ю. Г. Кулик; под ред. И. М. Гуревича. — М. : Транспорт, 1976. — 416 с.
- [4] **Мацкевич, В. Д.** Основы технологии судостроения [Текст] : Учебник / В. Д. Мацкевич, Э. В. Ганов, В. П. Доброленский, В. С. Кравченко, В. Ю. Лейзерман, В. Д. Наумов, Е. И. Никитин ; под. общ. ред. В. Д. Мацкевича. — Л. : Судостроение, 1980. — 177 с.
- [5] **Патент 85852 Украина. МПК F 01 D 25/28 (2006.01).** Конструкція опорної колони вітроенергетичного устаткування [Текст] / Рашковський О. С., Ухо В. С. — u201302330 ; заявл. 25.02.2013; опубл. 10.12.2013, Бюл. № 23.
- [6] **Пат.** Конструкція опорної колони вітроенергетичного устаткування / Ухо В. С., Рашковський О. С. — заявитель и патентообладатель НУК; заявл. 25.02.13 ; опубл.
- [7] **Регулируемый роликовый вращатель серии GLHK** [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://tddonbass.com.ua/new/article/reguliruemi-rolikovi-vrasxatel-serii-GLHK>. — Заголовок с экрана.
- [8] **Сварочные колонны** [Электронный ресурс] // Режим доступа: shtorm-its.ru/kat/column.pdf. — Заголовок с экрана.
- [9] **Ухо, В. С.** Анализ конструкций опорных колонн различных типов для морских ветроэнергетических установок [Текст] / В. С. Ухо // Сб. науч. трудов НУК. — Николаев : НУК, 2010., № 5 — С. 27–34.
- [10] **Ухо, В. С.** Современное состояние ВЭУ и проблема изготовления колонн для них [Текст] / В. С. Ухо // «Инновации в судостроении и океанотехнике». — материалы I Междунар. науч.-техн. конф. : Николаев : НУК, 2010. — С. 45–46.
- [11] **Elkinton, C.N.** Offshore Wind Farm Layout Optimization (OWFLO) Project: an Introduction [Текст] / C.N. Elkinton, J.F. Manwell, J.G. McGowan // University of Massachusetts. — 2006. — 11 p.

© В. С. Ухо, В. Н. Перов

Статью рекомендует в печать
д-р техн. наук, проф. А. С. Рашковский