

**ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ ПРОЈЕКТОВАЊА ВЕЛИКИХ КОНТЕЈНЕРСКИХ  
ДИЗАЛИЦА (ДЕО 2): ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ КОНСТРУКЦИЈЕ, ЕВОЛУЦИЈА  
ИНДУСТРИЈЕ КОНТЕЈНЕРСКИХ ДИЗАЛИЦА И СТРАТЕГИЈА НАБАВКЕ****BASIC PRINCIPLES IN DESIGN OF LARGE CONTAINER CRANES (PART II):  
HISTORICAL DEVELOPMENT IN DESIGN, EVOLUTION OF CONTAINER CRANES  
INDUSTRY AND PROCUREMENT STRATEGY**

Ненад Зрнић<sup>1</sup>, Зоран Петковић, Срђан Бошњак  
*Nenad Zrnić, Zoran Petković, Srđan Bošnjak*

Прегледни рад

У раду је дат кратак преглед историјског настанка и пројектних идеја које су утицале на поставку и формирање конструкције контејнерских дизалица, почевши од прве која је пуштена у експлоатацију 1959. године. Наведени су основни правци развоја обалских контејнерских дизалица конвенционалне конструкције од настанка до данашњих дана. Описана је еволуција индустрије контејнерских дизалица и филозофија произвођача, почевши од првобитне *off-the-shelf* стратегије до потоњег *taylor-made* приступа, односно хибридне стратегије која у себи обухвата најбоље елементе побројаних приступа производње. Такође, рад анализира и стратегију набавке контејнерских дизалица, односно интеракцију на релацији купац-произвођач, везано за актуелне трендове глобализације светске индустрије.

*The paper gives a short review of historical development and ideas in design that affected the postulate and construction shaping of container cranes, starting from the first one put into operation in 1959. The basic directions in development of conventional quay container cranes from the beginning up to nowadays are stated. The evolution of container cranes industry and manufacturers philosophy that started from the off-the-shelf approach and evolves to the tailor-made strategy, i.e. hybrid approach comprising the best elements of mentioned strategies, is describes. Also, the paper discusses procurement strategies, i.e. interaction in relationship buyer - manufacturer, from the aspect of trends in globalization of world industry*

## 1. УВОД

Премда изненађујуће делује, метод претовара терета са бродова на почетку педесетих година прошлог века није се драстично разликовао од времена Феничана, слика 1 [1]. Време и рад утрошени за утовар/истовар бродова знатно су се повећали са величином бродова, узрокујући да они проводе више времена у лукама него на мору. Претече савремених дизалица у лукама биле су дрвене обртне дизалице развијене у средњем веку, слика 2 [1]. Обртне порталне лучке дизалице биле су главно средство претовара терета на оперативној обали до средине педесетих година прошлог века, слика 3 [1]. Током педесетих година руковање генералним теретом било је као код палетизованих терета. Палете су се уобичајено, једна по једна, преносиле до камиона или вагона из фабрике или складишта, а затим до дока, где би биле истоварене и дизалицом утоварене у брод. Када би палета била смештена у отвор на палуби, било је потребно да се она

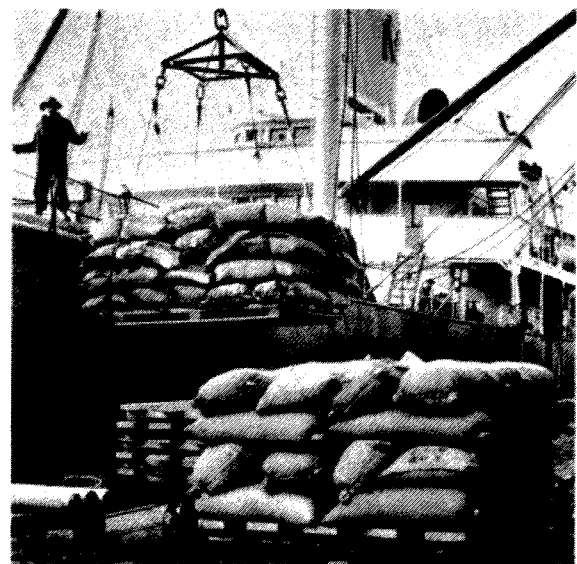
## 1. INTRODUCTION

Surprising as it may seem, the method of handling ship cargo in the early 1950s wasn't so different from that used during the time of ancient Phoenicians, Figure 1 [1]. The time and labor required to load/unload ships increased substantially with the size of ship causing them to spend more time in ports than at sea. The forerunners of modern cranes in the ports were the wooden slewing cranes developed in the middle Ages, Figure 2 [1]. The slewing level luffing crane was the main means of cargo loading and unloading between ship and shore up to the end of 1950s, Figure 3 [1]. Through the 1950s, general cargo continued to be handled as break-bulk (i.e. palleted) cargo. Pallets were moved, generally one at a time, onto a truck or rail car that carried them from the factory or warehouse to the docks. Each pallet was unloaded and hoisted, by cargo net and crane, off the dock onto the ship. Once the pallet was in the ship's hole, it had to be positioned precisely and braced to protect it from damage during the voyage.

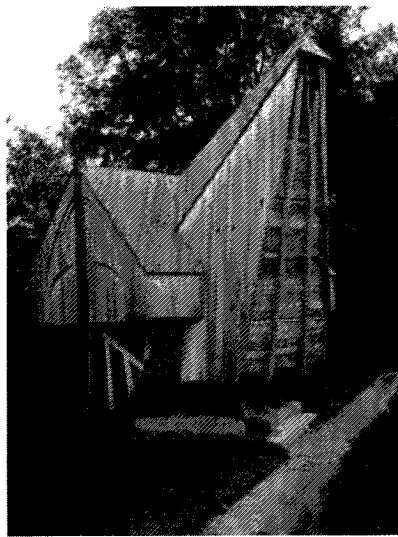
<sup>1</sup> Контакт адреса аутора (Author's address): As. prof. Dr.-Ing. Nenad Zrnić, Машински факултет Београд / Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, Kraljice Marije 16, 11000 Београд / Belgrade, Србија и Црна Гора / Serbia and Montenegro, E-mail: nznric@mas.bg.ac.yu

прецизно позиционира и причврсти да би се заштитила од оштећења током транспорта. Исти поступак понављао се на другом крају транспортног ланца чинећи поморски транспорт спорим, скупим и са великим утрошком рада. Али, ово је почело да се мења 1955. Верујући да индивидуалним комадом терета треба да се манипулише само два пута, на почетку где је ускладиштен у стандардизовану контејнерску кутију, и на крају при истовару, Малком МекЛин је купио малу танкерску компанију СиЛенд и адаптирао њене бродове да преносе трејлере. Прво путовање контејнерског брода СиЛенд компаније започело је 26 Априла 1956. између Њуварка у Њу Џерсију и Порто Рика. У наредним годинама конструисани су 20. и 40. стопни стандардизовани контејнери без точкова који су имали механизме за забрављивање у сваком углу чиме је била осигурана њихова веза са шасијама камиона, вагона, или других контејнера на палуби или у потпалубљу. Нови концепт контејнеризације драстично је смањио утрошак рада и времена претовара камиона на крајевима маршруте. Додатно, број подизања терета на оперативној обали по једном камиону смањен је са 20 "малих" дизања на 2 "велика". Контејнеризација је уз то смањила ситне крађе и оштећења терета, резултујући додатном добити и мањим стопама осигурања. Концепт контејнеризације показао се касније као гигантски скок за оне који су још тада имали визију [2]. У то време овај је концепт био далеко да буде прихваћен од шипинг компанија, али је касније широко прихваћен, што резултира његовим порастом од 8% на почетку овог века [3]. Најзад, 1959. десио се значајан догађај. Време боравка брода у луци скраћено је са 3 недеље на 18 сати. Као што је познато, многи фактори утицали су на ово достигнуће. Међутим, један се истиче као главни допринос овом скраћењу. То је био развој ПАКЕКО контејнерске дизалице, прве обалске контејнерске дизалице у свету са великим брзинама кретања [3].

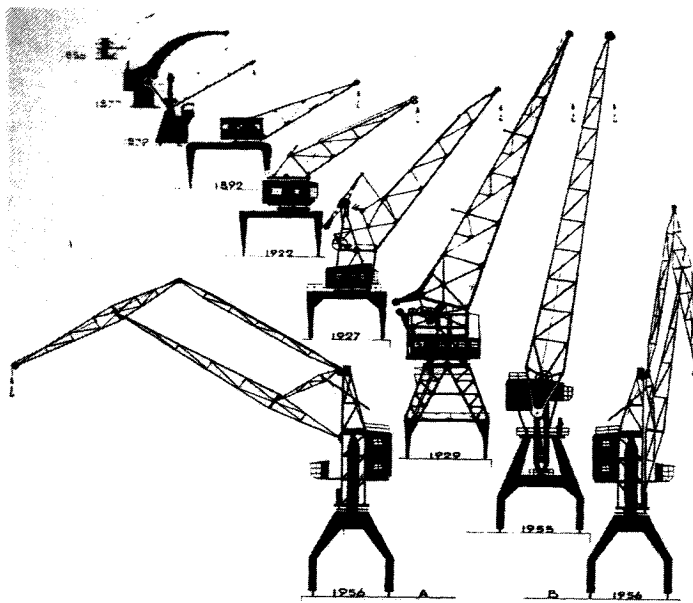
This process was then reversed at the other end, making the marine transport of general cargo a slow, labor-intensive, and expensive process. All this began to change in 1955. Believing that individual items of cargo needed to be handled only twice - at their origin when stored in a standardized container box and at their destination when unloaded, Malcolm McLean purchased a small tanker company, renamed it SeaLand, and adapted its ships to transport truck trailers. The first voyage of a SeaLand container ship commenced on April 26, 1956 between Newark, New Jersey, and Puerto Rico. In the years that followed, standardized containers were constructed, generally twenty or forty feet long without wheels, having locking mechanisms at each corner that could be secured to truck chassis, a rail car, a crane, or to other containers inside a ship's hold or on its deck. The new containerization concept drastically reduced the labor costs as well as the time required to unload and reload the trucks at either end of the route. Additionally, the number of ship-to-shore lifts for each truck load was reduced from as many as 20 small lifts to only two heavy lifts. Containerizing also reduced pilferage and cargo damage, resulting in the additional benefit of lower insurance rates. Containerization, as a cargo-handling concept, would soon prove to be a giant leap forward for those who had vision [2]. At that time, however, the concept was a long way from being perfected or being accepted by the shipping community, but later the idea of shipping cargo in locked containers has been widely accepted, resulting in an uninterrupted worldwide growth of about 8% a year at the beginning of this century [3]. In 1959 a significant event occurred. A ship's turnaround time (the time required to load and discharge cargo) was cut from as much as 3 weeks to as little as 18 hours. Admittedly, many factors contributed to this accomplishment. But one element, however, stands out as a major contributor. That was the development of PACECO Container Crane, the world's first high-speed quayside container handling crane [3].



Слика 1. Почетци и прошлост претовара терета са бродова Figure 1. Beginnings and past of handling ship cargo



Слика 2. Дрвене дизалице као претеча претовара у лукама Figure 2. Wooden cranes as forerunners of port cranes



Слика 3. Развој обртних лучких дизалица до 1956 Figure 3. Development of level luffing port cranes up to 1956

## 2. КОНСТРУКЦИЈА ПРВЕ КОНТЕЈНЕРСКЕ ДИЗАЛИЦЕ И ДАЉИ ПРАВАЦ РАЗВОЈА

Један од главних проблема који је током 50-их година био супротстављен основном концепту контејнеризације огледао се у чињеници да осим обртним порталним дизалицама у многим лукама није било могуће претоваривати тешке контејнере. Ове дизалице биле су изузетно неефикасне, тако да је због лошег управљања неколико минута циклуса претовара било изгубљено при подизању и спуштању терета. С обзиром да свака дизалица има велики број циклуса годишње, његово скраћење има директан и лако мерљив утицај на продуктивност. Јула 1957. управа компаније Матсон, под вођством Леса Харландера, наручила је студију за одређивање актуелног стања постојећих дизалица и идентификацију најповољнијег решења дизалице за претовар контејнера на релацији брод – оперативна

## 2. DESIGN OF FIRST CONTAINER CRANE AND FURTHER DEVELOPMENT OF STRUCTURE

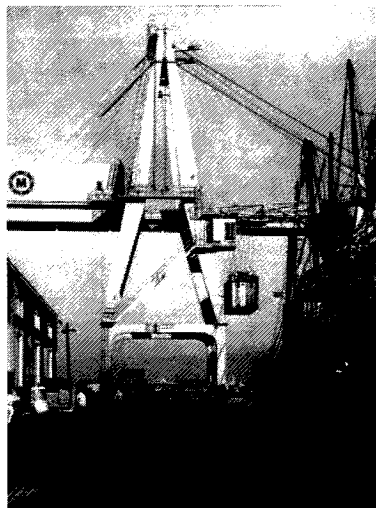
One of the major problem facing the containerization concept was that during the 1950s most ports were not equipped to handle heavy containers except by mobile revolving cranes and many of the cranes didn't have the capacity to lift the container. These cranes were extremely inefficient in that few minutes of loading cycle was lost to poor control at the points of pickup and discharge. Since the cycle would be repeated thousands of times each year, cutting the cycle length would have a direct and easily measured impact on productivity. In July 1957 the engineering staff of Matson company, under the leadership of Mr. Les Harlander, commissioned a study of existing crane types, to determine the state of the art and identify the type which best met the general requirement for loading containers between ship and shore and keep turnaround

обала уз минимално задржавање брода на везу, односно испуњење следећих захтева: претовар 24-стопних контејнера максималне масе 25 т; претовар 1 контејнера за просечно време од 5 мин. или мање; способност опслуживања постојећих бродова, трансформисаних контејнерских бродова, и контејнерских бродова будућности специјалне конструкције; опслуживање камиона и вагона и обезбеђивање најповољнијих услова за кординацију кретања робе на доку: систем управљања теретом пројектован тако да смањи дужности и замор дизаличара; глобално решење дизалице и опреме које изискује минимум особља. Студија је закључила да ниједна дизалица тада присутна на тржишту није могла да у потпуности задовољи постављене критеријуме, а да су дизалице за претовар руде са хоризонталном стрелом и колицима која су пролазила између ногу биле најближе да задовоље постављене захтеве. Почетком 1958. спецификације перформанси су финализоване и расписан је тендер. ПАКЕКО један од 11 учесника на тендеру направио је 1958. прву контејнерску дизалицу за компанију Матсон [2,3]. ПАКЕКО-ва филозофија била је да је најбољи пројекат онај са најмањим бројем делова конструкције, а посебна пажња посвећена је естетском изгледу дизалице. Решетке, коришћене у том време од стране већине произвођача, замењене су лименим завареним носачима кутијастог пресека, где год је било могуће. То је резултирало јединственом и лако уочљивом конфигурацијом дизалице у облику слова "А", гледано у бочном правцу на правац кретања колица [2,3]. Свака функција је брижљиво анализирана и упрошћена, да би се обезбедила лакоћа приступа, руковања и одржавања. Кабина дизаличара монтирана је тако да је обезбеђена пуна перцепција претовара. Пуна пажња поклоњена је побољшаном управљању од стране дизаличара и безбедности. 7. јануара 1959. год. прва контејнерска дизалица на свету пуштена је у експлоатацију на терминалу Енсингал у Аламеди, Калифорнија, сл. 4 [5]. Распон дизалице био је 10,4 м, препуст на страни воде 23,8 м, висина дизања 17,8 м, и маса 290 т. Ова дизалица која и дан данас ради, модификована је 1963-64 и 1974-75. Продужени препуст, и већа висина дизања дизалице омогућили су опслуживање нових и већих контејнерских бродова, а повећање носивости на 30 т остварено је уз минимум реинжењеринга. Ова оригинална изведба дизалице поставила је стандарде за остале произвођаче широм света. Премда је било до сада много значајних унапређења, све савремене дизалице су директни наследници прве дизалице, а касније конструкције су претрпеле незнатне концепцијске измене [2,3]. 1963. год. ИСО је формирао секцију за контејнере да би се унифицирале њихове димензије, дужинске толеранције, и основни захтеви чврстоће. Од 1964. год. шипинг компаније постају свесне многих предности контејнеризације. Инвеститори улажу значајна средства у нове бродове и луке. Тако су и перформансе ПАКЕКО-вих дизалица унапређене, сл. 5 [5]. Нпр. распон ових дизалица из 1964. био је

time of container ships to a minimum, i.e. specifically: to handle 24ft containers weighting a maximum of 25t; load/unload one container in an average time of 5minutes or less; be able to service existing ships, converted container ships, and future container ships of special design; serve either truck and/or rail traffic shore, and provide optimum conditions for coordination of freight movement on the dock; crane components to be designed for trouble-free continuous use; hoist and control equipment to be designed as to minimize operator responsibility and fatigue; overall scheme of crane and related equipment to require a minimum operating personnel. The study concluded that no crane then on the market satisfactorily filled this requirement, and that an ore-unloading type crane with a horizontal boom and through-leg trolley came closest to meet this requirement. Early in 1958, performance specifications were finalized and put out for bid [2,3]. PACECO (Pacific Coast Engineering Company), one of eleven bidders, pioneered the first container crane for Matson in 1958]. PACECO philosophy was that the best design has the fewest number of pieces, and developed the conceptual drawings paying particular attention to aesthetics. Trusses, used at that time by most manufacturers, were replaced with all-welded box girders wherever possible. This resulted in unique and extremely clean-looking A-frame configuration. The A-frame gantry crane takes its name from it's "A"-shaped noticeable when observed from the bridge [2,3]. Each function was carefully analyzed and simplified to promote ease of access, operation and maintenance. The operator's cab was mounted in full view of the operation with all controls at the operators' fingertips. Every consideration was given to enhanced operator control and safety. Limit switches were placed throughout the crane's power system to prevent overloading and unsafe operation. On 7 January 1959 the world's first container crane was put into service at the Encinal Terminals in Alameda, California, Figure 4 [5]. The gage of this crane was 10,4 m, outreach 23,8 m, lift height 17,8 m, capacity 22,7 t, and weight 290 t. This first container crane, which is still in operation, was modified in 1963-64, and again in 1974-75. The extended outreach, height and width enabled it to serve new, larger container ships. The modifications and the upgrading of lifting capacity from 25 to 30 tons were accomplished with a minimum of re-engineering. The original container crane set the standards for dozen of manufacturers around the world. Although there have been many significant improvements, all modern cranes are direct descendants of this first crane, and the design of later cranes has reminded relatively unchanged [2,3]. In 1961, the International Standards Organization (ISO) formed a container section to develop a family of uniform container sizes, dimensional tolerances, basic strength requirements and corner fittings. By 1964, shipping companies had become aware of the many advantages of containerization. Investors were committing funds for the development of new ships and port facilities. So, the performances of PACECO cranes have been also improved, Figure 5 [5]. The gage of this crane built in 1964 was 15,24 m, outreach 33 m, lift

15,24 м, препуст 33 м, висина дизања 24 м, носивост 30,5 т, и маса 490 т. 70-их година била је актуелна ПАКЕКОВА конструкција модификованог А-рама, сл. 6, са распоном од 30,48 м, препустом 35 м, висином дизања 25 м, носивости 40,6 т, и масом 580 т [5]. Крајем 1980. год. ПАКЕКО је још увек био водећи произвођач обалских контејнерских дизалица, јер су тада, од укупно пописане 737 дизалице у преко 200 лука широм света, 283 биле ПАКЕКО-ве дизалице, или 38% од укупног броја. Од средине 80-их до почетка 90-их година развијале су се Пост-Панамакс дизалице, сл. 7, са повећаним перформансама, распоном 30,48 м, препустом 44,2 м, висином дизања 29 м, носивости 40,6 т, и масом 910 т [5]. Истовремено ПАКЕКО је престао да буде водећи светски произвођач. Почетком 90-их година започиње ера мега дизалица, са невероватно великим порастом перформанси дизалица. Нпр. Суецмакс дизалице за опслуживање 23 контејнера по ширини брода, сл. 8, имају распон од 30,48 м, препуст 61,3 м, висину дизања 36,6 м, носивост 50,8 т, и масу 1110 т [5]. Малакамакс дизалице које опслужују бродове са 24 контејнера по ширини, сл. 9, имају распон 30,48 м, препуст 70,5 м, носивост 66 т, висину дизања 40 м, и масу 1590 т [5].

height 24 m, capacity 30,5 t, and weight 490 t. In the 1970s was actual PACECO Panamax modified A-frame construction, Figure 6, with gage of 30,48 m, outreach 35 m, lift height 25 m, capacity 40,6 t, and weight 580 t [5]. By the end of 1980 PACECO was still the leading manufacturer of cranes, because of the 737 quay listed, container cranes 283 (38%) were PACECO Portainer cranes operating in over 200 ports around the world. From the mid 1980s to early 1990s was the period of development of Post-Panamax series of cranes, Figure 7, with increased performances, gage 30,48 m, outreach 44,2 m, lift height 29 m, capacity 40,6 t, and weight 910 t [5]. At the same time PACECO ceased to be the world's leading manufacturer that will be explained in the next chapter. In the 1990s started the era of mega (jumbo) cranes, with the incredible increase in cranes' performance. For instance, Suezmax cranes capable to serve container ships with 23 containers across deck, Figure 8, built for Virginia Port Authority have the gage of 30,48 m, outreach 61,3 m, lift height 36,6 m, capacity 50,8 t, and weight 1110 t [5]. Malaccamax cranes (Virginia International Terminal South) ready to serve ships with 24 containers abeam on deck, Figure 9, have the gage 30,48 m, outreach 70,5 m, capacity 66 t, lift height 40 m, and weight 1590 t [5].



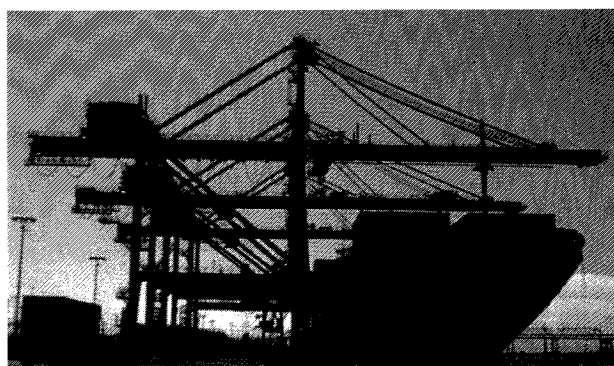
Слика 4. Прва контејнерска дизалица (1959)  
Figure 4. First Pacesco container crane (1959)



Слика 5. Пакеко дизалица СЛ7 (1964)  
Figure 5. Pacesco crane SL7 (1964)



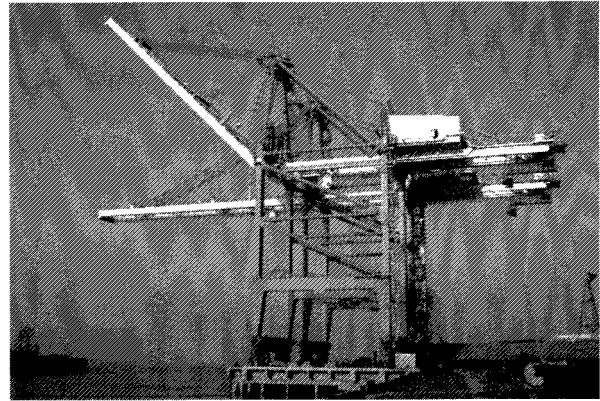
Слика 6. Пакеко панамакс модифик. А-рам (1970)  
Figure 6. Pacesco modified A-frame (1970)



Слика 7. Пост-панамакс серија (средина 80'-почетак 90')  
Figure 7. Post-panamax series (mid-1980s to early 1990s)



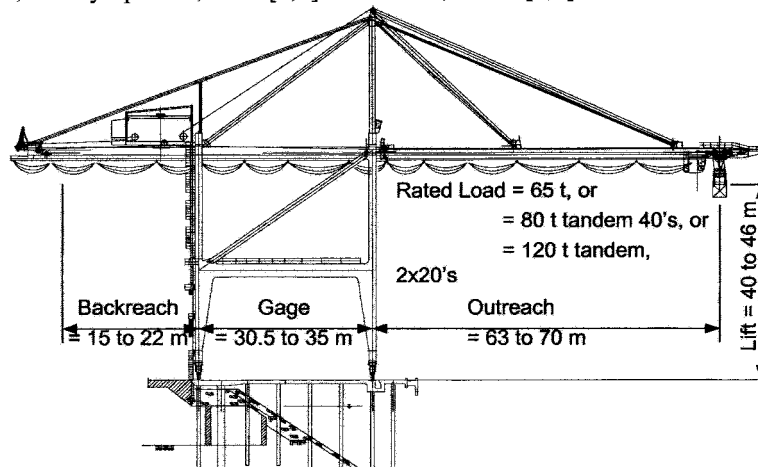
Слика 8. Суецмакс дизалица (1998)  
Figure 8. Suezmax crane (1998)



Слика 9. Малакамакс дизалица (2003)  
Figure 9. Malaccamax crane (2003)

Типична конструкција и глобалне димензије мега дизалица показане су на сл. 10 [6]. Очекује се да будуће велике дизалице имају распон од 30 до 40 м, препуст од 73 до 75 м, висину дизања већу од 46 м, носивост од 80 до 120 т, и масу преко 2,000 т [5,7].

Typical construction and overall dimensions of a jumbo crane is shown in Figure 10 [6]. Future jumbo cranes are expected to have gage 30 to 40 m, outreach 73 to 75 m, lift height 46+ m, capacity 80 to 120 t, and weight 2,000+ t [5,7].



Слика 10. Типична конструкција велике контеј. дизалице Figure 10. Typical construction of a jumbo cont. crane

### 3. ЕВОЛУТИВНИ РАЗВОЈ ИНДУСТРИЈЕ КОНТЕЈНЕРСКИХ ДИЗАЛИЦА

На почетку развоја индустрије контејнерских дизалица било је довољно да купац позове ПАКЕКО-вог представника у билом којем делу света и наручи дизалицу. Прве дизалице које је ПАКЕКО испоручивао имале су са неким изузецима распон од 15,24 м или 30,48 м, и стандардне карактеристике као што су носивост, препуст, и висине дизања. То су биле квалитетне дизалице, и ПАКЕКО је чврсто стајао из свог производа. Европски произвођачи контејнерских дизалица (Либхер, Нелкон, Ноел, Коне, и др.) улазе на тржиште почетком 60-тих година, и понудили су чак побољшан пројекат и производ уз истовремено достизање ПАКЕКО-вог квалитета и конкурентну цену, тако да је купац могао да наручи дизалицу без много напора и размишљања. И ПАКЕКО и "Европљани" понудили су "Off-the-Shelf" (Са полице) концепт. Улазак јапанских произвођача на тржиште почетком 60-их година (Митсубиши,

### 3. EVOLUTION OF CONTAINER CRANES INDUSTRY

At the beginning of development of container cranes industry purchaser could call up a PACECO representative in any part of the world and order quay cranes. The cranes supplied by Paceco and its licensees had a rail gage of either 15,24 m or 30,48 m, with some exceptions, and standard features as capacity, outreach, backreach, and lift heights. They produced good quality cranes and stood behind their product. European container crane manufacturers (Liebherr, Nelcon, Noell, Kone, etc.) entered the market in the early 1960s, offered standard or even improved design and product, matched PACECO's quality and had competitive price, so the purchaser could purchase cranes with little anxiety and effort. PACECO and European manufacturers offered "Off-the-Shelf" concept. The Japanese entry (Mitsubishi Heavy Industries, IHI, Hitachi, Mitsui - later becoming owner of Paceco), into the container crane industry in the late 1960s presented some opportunities and, for the first time, some

Хитачи, ИХИ, Митсуи – садашњи власник ПАКЕКА), пружио је многе могућности, и по први пут неке изазове за купца. Они су имали конкурентне, па чак и веома ниске цене, водили су рачуна о квалитету, и понудили су "Tailor-Made" (Кројено по мери) концепт. Премда су на западу изразили скепсу према ниској цени, неке велике шипинг компаније су ипак виделе своју шансу у новој тржишној утакмици и пружиле су "Јапанцима" прилику. Дилема купца била је: Како бити сигуран у квалитет јапанских дизалица? Једна од могућности била је у захтеву за достављањем детаљних техничких спецификација и свеобухватној ревизији пројекта и производа. Јапанци су се посветили квалитетној изради дизалица, и за кратко време достигли су ниво Европљана и Американаца. Са повећањем захтева на домаћем тржишту и порастом националне економије Јапанске дизалице су престале да буде јефтине [4,8,9]. Концепт производње и набавке дизалица по the "Tailor-Made" спецификацији је започео. Овај процес се поновио са Корејским (Хјундаи) произвођачима 70-их година, који су нудили јефтине дизалице, и коначно са Кинеским произвођачем ЗПМЦ који је највише утицао на индустрију контејнерских дизалица и подупрео Tailor-Made концепт. ЗПМЦ данас има доминантну улогу на светском тржишту, а његов процентуални удео ће расти у следећим годинама. Приватизација лука (основни трендови развоја лука су приватизација, глобализација, и модернизација [10]), као и успех ЗПМЦ-а формирали су веома конкурентно окружење индустрије контејнерских дизалица. Консолидација шипинг линија и оператора терминала, као и повећање димензија бродова креирале су потребу за већим, бржим и "паметнијим" дизалицама. Индустрија дизалица одговорила је на ове захтеве, а што је зачуђујуће, цене дизалица кориговане за стопу инфлације остале су стабилне или су се чак смањиле. Тиме наступа повољно време за купце дизалица, али и тешко за њихове произвођаче. ПАКЕКО није могао да издржи тржишну утакмицу, чак и после пресељења производње у јефтиније регионе САД, док су се неки европски произвођачи фузионисали, а неки напустили производњу обалских дизалица. Јапански произвођачи повукли су се са међународног тржишта и фокусирали се на домаће заштићено тржиште. Они који су преостали на тржишту остварили су значајне измене у начину пословања. Да би преживели на суровом тржишту продрманом успехом Кинеза, применили су мере за смањивање трошкова и понудили конкурентне цена тако што су преместили производњу и монтажу у погоне у удаљеним регионима и са јефтином радном снагом, директно уграђивали купљене електронске компоненте, стандардизовали компоненте, и наравно редуковали сопствени профит, или чак продавали испод цене. Последица ових мера била је да су неки произвођачи успели да одрже квалитет, док су остали наишли на велике проблеме. Ови потоњи су имали проблеме са поузданошћу опреме, и кашњењем у њеној испоруци [4,8].

challenges for the purchasers. They offered lower and very competitive prices, initial quality concerns, birth of "Tailor-Made" concept, and good quality. The first reaction within the Western world was: No such thing as a free lunch—you will pay for it one way or another. However, some large shipping lines saw opportunity in the new competition and decided to give the Japanese a try. The purchaser's question was: How would he ensure good quality if he bought Japanese cranes? One possible way was to issue detailed technical specifications and do a thorough audit of the design and manufacturing. The Japanese are committed to quality and that they provided good quality cranes. Within a short time, they were in the same category as the Americans and Europeans. With the economy growing and domestic demand increasing, Japanese cranes ceased to be a bargain [4,8,9]. The concept of manufacturing and purchasing cranes with the "Tailor-Made" specification had begun. The process repeated with Korean (Hyundai) and others manufacturers in the 1970s, offering lower-priced cranes, and finally with the Chinese manufacturer ZPMC who have made the most significant impact on the container crane industry, and favors Tailor-Made concept. It is well known that Chinese ZPMC container crane supplier has the dominant share of the world market and may further increase its share over the coming years. Both the privatization of the ports around the world (the actual trend in ports is privatization, globalization and modernization [10]), and ZPMC's success has created an extremely competitive environment for the container crane manufacturing industry. Consolidation of shipping lines and terminal operators and increase in ship sizes has created a need for larger, faster, and smarter cranes. The crane industry has responded well to this demand. However, crane prices, when adjusted for inflation, have remained stable or even come down. This has been the best of times for crane purchasers. The gain for crane purchasers has meant difficult times for manufacturers. PACECO could no longer compete with the overseas suppliers, even after moving manufacturing to a lower-cost region of the U.S. Some European suppliers have merged or quit manufacturing quay cranes. The Japanese suppliers retracted from the international market and remained focused on their protected domestic market. Those remaining active in the market have made some significant changes to the way they do business. To compete in the current market, the environment affected by Chinese success, i.e. established crane manufacturers have tried to apply cost-cutting measures and have highly competitive prices by following measures: shifted fabrication and assembly to remote plants with cheaper labor, sub-contracted fabrication and assembly to regions with cheaper labor, purchased electrical components and integrated them in-house, standardized components, and, of course, reduced profit margins or sold below cost. Consequences of cost-cutting measures were that some manufacturers have maintained their quality throughout these changes, while others have encountered serious problems. The latter have caused their purchasers significant delays, equipment downtime, and reliability problems [4,8].

#### 4. ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ ПРОЈЕКТОВАЊА ОБАЛСКИХ КОНТЕЈНЕРСКИХ ДИЗАЛИЦА

Основна разматрања у пројектовању контејнерских дизалица односе се на машински део, електронику и носећу конструкцију. Основе машинског и електро пројекта везане су за:

- Избор типа колица;
- Избор погонских и управљачких система;
- Безбедност у раду;
- Повећање продуктивности;
- Конструкцију и производњу;
- Испоручиоце компоненти.

Основе пројекта носеће структуре обухватају:

- Анализу оптерећења;
- Стабилност конструкције;
- Доказ чврстоће;
- Оптерећење точкова;
- Замор;
- Утицај изабараног решења колица;
- Услове транспорта готове конструкције;
- Одржавање конструкције;
- Крутост носеће конструкције;
- Израду конструкције.

Главни циљеви у пројектовању и производњи контејнерских дизалица су:

- Обезбеђивање високе поузданости;
- Јефтино одржавање;
- Најнижа укупна цена (обухвата цену набавке, и цену ревизије пројекта да би добили поуздан производ, јефтин за одржавање).

Карактеристике добро урађеног пројекта контејнерске дизалице захтевају:

- Ускуство пројектног тима;
- Познавање стандарда и прописа широм света;
- Обезбеђивање поузданог рада;
- Јефтино и минимално одржавање.

Међутим, главни циљеви пројектовања често су у супротности са карактеристикама доброг пројекта јер је по правилу ниска цена везана за:

- Лош пројекат;
- Компоненте лошег квалитета;
- Ниску поузданост;
- Скупо одржавање,

док је са друге стране скуп производ везан за:

- Добар пројекат;
- Изразито квалитетне компоненте;
- Високу поузданост;
- Јефтино одржавање.

Проблем је и што се спецификације и стандарди за пројектовање односе на стандардне дизалице, а не на контејнерске, које су специфичне због [9]:

- Ексцентричних оптерећења;
- Великих брзина механизма;
- Тешких режима рада;
- Високих захтева за поузданошћу.

Свакако, искључиво искусни инжењери треба да тумаче стандарде и спецификације. Очигледно је да су се компоненте и системи усавршавали да би се:

- Побољшале перформансе и продуктивност;

#### 4. BASIC PRINCIPLES IN DESIGN OF QUAY CONTAINER CRANES

The basic topics in design of quay container cranes are: mechanical, electrical and structural. The main mechanical/electrical topics are [9]:

- Trolley Types;
- Drives and Controls;
- Power Supply;
- Safety Features;
- Productivity Enhancements;
- Design & Manufacturing;
- Component Suppliers.

The basic topics for structural design of cranes are:

- Loads;
- Stability;
- Stress check;
- Wheel loads;
- Fatigue;
- Trolleys;
- Voyage conditions;
- Structural maintenance;
- Stiffness;
- Production.

The main goals in design and manufacturing of quay container cranes are:

- High reliability
- Low maintenance cost
- Lowest total acquisition cost (purchase price, and design and manufacturing review cost to get high reliability and low maintenance)

The characteristics of good design of container cranes are:

- Requires design experience;
- Meets crane codes worldwide;
- Provides crane reliability;
- Minimizes maintenance.

But, the main goals in design of container cranes are often in opposite with the characteristics of good design because low price is associated with:

- Poor design;
- Inferior components;
- Low reliability;
- High maintenance,

and on the other hand the high price is associated with:

- Good design;
- Superior components;
- High reliability;
- Low maintenance

The problem is also that standard specifications and standards cover standard cranes, not container cranes that are unique for many reasons [9]:

- Eccentric loads;
- High speeds;
- Heavy duty cycles;
- Very high reliability requirements.

Of course, experienced engineers must interpret standards and specifications. It is obvious that crane components and systems are being refined to:

- Improve performance and productivity;



- Повећала поузданост;
- Побољшало одржавање,

те да инжењер мора да буде сигуран које приоритете жели да оствари при пројектовању дизалице:

- Димензије и брзине;
- Системе и компоненте;
- Захтеве безбедности и одржавања.

## 5. СТРАТЕГИЈЕ У НАБАВЦИ ДИЗАЛИЦА

Основне чињенице везане за стратегију набавке су:

- Процена квалитета и цене;
- Одабир подесне стратегије набавке.

Закупац терминала има опцију набавке дизалица по стратегији "Off-the-Shelf" (са кратким прегледом спецификација), или кроз надметање (тендер) са детаљном спецификацијом перформанси која одговара "Tailor-Made" приступу. Најчешће, овај процес представља хибрид поменутих стратегија. У оба случаја, савремени купац треба да буде боље информисан и више активан него раније када се дизалица наручивала код локалног заступника. Избор стратегије набавке зависи од броја дизалица, локације, захтева, и експертизе унутар фирме. Већи број дизалица доприноси обиму трошкова и фаворизује "Tailor-Made" концепт. Неки од произвођача нису у стању да одговоре захтевима тржишта и обезбеде уобичајене карактеристике дизалица. "Off-the-Shelf" процес фаворизује стандардизована решења. "Tailor-Made" концепт захтева високу експертизу, било унутар фирме, или од ангажованих спољних консултаната (веома често факултети и институти). Намера "Off-the-Shelf" стратегије је да изискује кратак преглед техничких карактеристика и достављену понуду од стране 2 до 3 произвођача дизалица. Ова стратегија је подесна да се обезбеди висок квалитет дизалица, без опсежног процеса набавке, уз тржишну утакмицу произвођача. Захтеви купца базирани су на претпостављеној намени дизалица, потребној носивости, чврстоћи кеја и димензијама бродова. Код ове стратегије купац треба да [9]:

- Посети постојеће дизалице (2 до 3 произвођача) на терминалима чије карактеристике одговарају његовим потребама;
- Добије улазне податке од руковалаца и оджавалаца дизалица, с тим да руковоаци закупца терминала треба да испробају прототип, а одржаваоци анализирају предвиђено одржавање и приступ локацијама на којима се оно спроводи, као и да изврше ревизију програма одржавања конструкције;
- Добије спецификације од произвођача;
- Разуме процес набавке и предузме квалитетне мере надзора (мониторинга).

Кључне ставке "Off-the-Shelf" стратегије су:

- Кратак преглед спецификација (геометрија и капацитети, напајање ел. енергијом, капацитет кеја, потрошња струје, специфичне карактеристике, класификација у погонске групе, стабилност против олујног ветра);
- Изискујућа ограничења (купац треба да има

- Improve reliability;
- Improve maintainability,

and the designer has to be sure to specify what he want as the priority in the design of a crane:

- Size and speeds;
- Systems and components;
- Safety and maintenance requirements.

## 5. PROCUREMENT STRATEGIES

The basic facts concerning procurement strategy are:

- Judging quality and price;
- Choose appropriate procurement strategy.

The terminal purchaser has the option of purchasing cranes with so called an "Off-the-Shelf" design (with specification outline) or with competitive bids with a detailed performance specification we will call "Tailor-Made". Frequently, the process is a hybrid of the two. In either case, the modern purchaser needs to be better informed and more diligent than before, because the crane procurement process is no longer a matter of ordering a crane from a local representative. The choice of purchasing strategy would depend on the number of cranes, location, requirements, and in-house expertise. A larger number of cranes bring economy of scale and favors "Tailor-Made". Due to the current crane market, some crane suppliers are not able to provide custom features and still be competitive. "Off-the-Shelf" process favors standardized designs. "Tailor-Made" cranes require high expertise, whether in-house or through outside consultants (including Faculties and Institutes).

The intent of "Off-the-Shelf" strategy is to emulate the early purchasing strategy of issuing a brief technical outline and inviting proposals from two or three crane suppliers. The proposed strategy is likely to provide good quality cranes without the extensive procurement process, and at the same time encourage competition between the crane suppliers. The purchaser requirements should be based on the anticipated crane usage, lifting capacity, quay strength, available power, and vessel dimensions. If "Off-the-Shelf" strategy is chosen, the purchaser has to [9]:

- Visit operating cranes in terminals that generally match his terminal requirements – 2 to 3 suppliers;
- Get input from operations and maintenance personnel (purchaser's operations personnel should operate the suppliers' prototypes, while the maintenance personnel should note the required maintenance and ease of access to the various maintenance locations, and they should review maintenance programs and reports, including structural maintenance programs;
- Obtain vendor or manufacturer specifications;
- Understand procurement process and quality monitoring effort.

The key points of "Off-the-Shelf" strategy are:

- Issue specification outline (geometry and capacity, power supply, quay capacity, electrical vendors, specific features and components, classification groups, stability against storm winds);
- Solicit terms (the purchaser should get feedback

повратну информацију од оператора терминала и дизалица о поузданости и прекидима у раду, и захтева које измене жели да се изврше);

- Провера техничких карактеристика које даје продавац (купац треба да на основу посматрања потврди техничке карактеристике главних компоненти и њихових произвођача, и прими к знању њихове евентуалне измене. Главне компоненте су: погони и управљачке јединице, мотори, редуктори, кочнице, струјни водови, и спредер; Произвођачи користе различите стандарде при пројектовању дизалица као ФЕМ, БС, ДИН, ЈИС, АС; Најраспрострањенији је ФЕМ стандард, који је одличан с аспекта класификације у погонске групе. Међутим, фактор стабилности услед дејства ветра који нуди овај стандард подесан је за примену у Европи, али није адекватан за многе регионе ван ње. Многи произвођачи примењују верзију ФЕМ-а из 1987., која прописује фактор стабилности услед дејства олујног ветра од 1,1. Последња верзија је повећала овај коефицијент на 1,2, али га неки произвођачи нису прихватили. Амерички стандард прописује да тај фактор износи 1,5. Купац треба да потражи помоћ од врсног познаваоца локалних прописа;
- Преговарање;
- Примена мера надзора.

Куповина започиње захтевом за слање понуда од 2 до 3 продавца. Свака понуда послата произвођачу треба да је специфична и да укључи спецификације за дизалицу и терминал који је купац претходно посетио, као и да наведе посебне захтеве и жељене измене. Купац пажљиво анализира сваку понуду и пореди је са својим захтевом. Вероватно је да неке карактеристике и компоненте нису уобичајене, тако да се могу захтевати додатне разјашњења од снабдевача. Тек када је задовољан са техничким делом понуде купац прелази на економски део који обухвата цену дизалице и трошкове надзора који варирају у зависности од снабдевача. Коначан избор зависи од комбинације техничких карактеристика, поузданости, подршке после куповине, цене, услова плаћања и испоруке. Ограничења овог приступа огледају се у чињеници да је он подесан за приватизовану индустрију која није обавезна да прихвати најнижу понуду и може да преговара о цени. Јавна предузећа су принуђена да купују у складу са уобичајеном процедуром која најчешће намеће избор најјефтинијег понуђача [9].

Актуелни тренд је да се данас начешће приступа "Tailor-Made" стратегији. Ова стратегија захтева достављање детаљних спецификација, упоређивање предложених решења, обављање неопходних измена, избор произвођача, и примену надзора над пројектом и процесом производње.

Кључне ставке овог приступа су [9]:

- Детаљне спецификације (почиње се са детаљним основним спецификацијама и идентификују се специфичне компоненте и потребе;

from the terminal and crane operators about the downtime and reliability of the cranes and solicit the changes they would like to see;

- Confirm vendor specifications (the purchaser should confirm with his observations the features of the major components and their manufacturers as listed in the technical specifications, and note changes; The major components are: drives and controls, motors, reducers, brakes, cable reel, festoon, and spreader; Crane suppliers use various international design and manufacturing standards as FEM, BSI, DIN, JIS, AS; The most prevalent standard, FEM, is an excellent crane specification and provides for different crane and component classifications based on the anticipated usage; FEM wind stability factor, which is generally suitable for the European conditions, may not be adequate for other parts of the world. Many crane suppliers use the 1987 version of FEM, which requires a 1.1 stability factor against storm wind; The recent version has increased the factor to 1.2, although some of the crane suppliers have not adopted it; The U.S. standards require a stability factor of 1.5; The purchaser is advised to seek help from the local building code experts;
- Negotiate;
- Implement monitoring effort.

The purchaser is now ready to send request-for-proposals (RFPs) to two or three crane suppliers. Each RFP should be specific to the supplier and include the supplier's specification for the crane at the terminal visited by the purchaser. The purchaser should state the specific requirements and desired changes. The purchaser should carefully evaluate each proposal and compare it with the RFP. He is likely to find that some features and components are not common between the various proposals. He may need some clarifications from the suppliers. Once satisfied about the technical contents of the proposals, the purchaser should then compare the commercial terms, including the cost of the monitoring effort. The cost of monitoring may vary among suppliers. The final selection will depend on a combination of the technical features, reliability, after-sales support, price, financing, and delivery. The limitations of this approach lies in the fact that it is suitable for purchasers from the private industry, since they can evaluate the proposals with different standards, and are not required to accept the lowest tender, with possibility of negotiations about the price. The purchasers from the public agencies are generally required to follow standard assessment procedures and frequently required to accept the lowest tender [9].

The trend among the purchasers is to start with a "Tailor-Made" approach. The "Tailor-Made" approach involves issuing a detailed crane performance specification, comparing proposals, making the necessary changes, selecting the supplier, and implementing a design and manufacturing monitoring program.

The key points of this approach are [9]:

- Detailed specifications (start with detailed baseline specifications, identify specific

- Могуће су измене тендера (захтев за специфичном дизалицом, изузеће учесника на тендеру, примена само потврђених конструкцијских решења;
- Одобравање техничких карактеристика, усаглашене спецификације, процена примењених стандарда и алтернатива;
- Процена економских ефеката (капитални трошкови, век трајања конструкције, ревизија понуда, трошкови надзора и администрације;
- Имплементација квалитетног програма надзора (верификација пројекта и квалитета производа, преглед на лицу места, листа замерки и недостатака;

Процес надзора траје од ревизије пројектне документације до коначног прихватања дизалице. Ови трошкови зависе од искуства и рењеа произвођача, јер јефтинији контрактори (произвођачи) обично захтевају пажљивији и скупли надзор, и обрнуто. Неки купци имају у оквиру њихове компаније тим за евалуацију понуда, док се други ослањају на експерте са стране. Док неки купци сами спроводе надзор, други ангажују за то специјализоване агенције и експерте.

Трошкови надзора зависе од:

- Локације произвођача;
- Нивоа ангажовања субконтрактора (потпроизвођача);
- Односа на релацији купац, потпроизвођач, произвођач, и фирме која монтира дизалицу;

Tailor-Made стратегија је повољна и за приватизовану индустрију и за јавна предузећа. Обично се користи за веће набавке (преко 4 дизалице), али је популарна и код појединачних набавки. Међутим, овај приступ изискује виши ниво експертизе, било у оквиру компаније или преко спољних експерата. Укупни трошкови надзора код "Off-the-Shelf" приступа износе од 0.5% до 1.5% од пара потребних за куповину 2 дизалице. За исти број дизалица они су код "Tailor-Made" приступа од 2.5% to 5.0%. Овај проценат се смањује код куповине више од 2 дизалице, јер није у зависности од броја купљених дизалица [4,9].

Коначно, студија стања даје купцу одговор која је стратегија најбоља за њега, и он тада започиње процес набавке, или преко захтева за понудама, или кроз тендер. Купчеви консултанти постављају захтев за обезбеђивањем минималног броја циклуса на сат, кроз претходну симулацију рада терминала и дизалице [11]. У оквиру симулационог програма разматрају се физикалне карактеристике система, застоји у раду, конфигурација контејнер/брод. Подаци добијени симулацијом користе се за одређивање брзина и убрзања погонских механизма, и дефинисање снаге мотора. Критеријуми за евалуацију приказани су у табели 1 [9]. Нпр., понуђач са најнижом ценом добија 30 поена, а остали у сразмери најнижа/остала цена  $\times$  30.0. Број поена добијен за искуство произвођача зависи од броја већ произведених и испоручених дизалица.

components, identify specific needs;

- Permit bid alternates (require bid for specified crane, alternate bid for vendor specifications, bidders note exceptions, state reasons for exceptions, only use proven designs;
- Confirm technical proposal (specifications compliance, evaluate standards, evaluate bid alternates;
- Evaluate commercial proposals (capital costs, lifetime costs, specifications, bidding, bid review, quality monitoring costs, administrative effort;
- Implement quality monitoring program (verify designs, verify manufacturing quality, on-site inspections, verify commissioning, punch list

The monitoring process spans from the review of the construction documents to the acceptance of the cranes. The cost of monitoring will depend on the experience and quality control of the supplier. Generally, lower-priced contractors require higher monitoring costs and higher-priced contractors require lower costs. Some purchasers have in-house expertise to evaluate the proposed designs, others retain outside experts. Some purchasers conduct their own manufacturing monitoring, others retain local inspection agencies and outside experts.

Monitoring cost variables depend on [9]:

- Manufacturer location;
- Extent of sub-contracting;
- Existing relationship between purchaser, manufacturer, fabricator and erector;

The "Tailor-Made" strategy is suitable for purchasers from both private and public industry. It is widely used for larger (four or more) crane orders, and is also becoming increasingly popular and necessary for smaller orders. However, this strategy demands higher-level crane expertise, whether in-house or from outside. The total monitoring cost for purchasing cranes with the "Off-the-Shelf" approach may range from 0.5% to 1.5% of the purchase price for two cranes. The comparable cost for the "Tailor-Made" approach varies from 2.5% to 5.0% for two cranes. The percentage cost for a larger order would be less, as part of the total cost is not related to the number of cranes [4,9].

Finally, the case study gives the response which purchase strategy is more suitable for the buyer, and he starts the purchase process with RFP (Request for Proposal) or IFB (Invitation for Bids). Very often the purchaser's consultants are setting a **minimum required performance standard in CPH** (cycles per hour) by simulation of crane and terminal operation [11]. The simulation program includes: physical characteristics, dwells, ship/container configuration, and minimum CPH. Data gained by simulation are used to define velocities and accelerations of drive, and consequently motors sizes. Evaluation criteria are presented in Table 1 [9]. For instance, the points for price are obtained that 30 points are issued to the bidder with lowest price, while points for others are obtained in ratio of (lowest : other)  $\times$  30.0. The same thing is for delivery (15 points for fastest deliver), etc. Only the points for experience are obtained depending on the number of already manufactured and delivered cranes.

Experience of manufacturer - Искуство произвођача	25
Quality and Suitability - Квалитет и целисходност решења	25
Delivery – Испорука	15
Price – Цена	30
Training/Support - Обука и подршка	5
Total number of points - Укупан број поена	100

Табела 1. Критеријуми за евалуацију при набавци дизалице  
Table 1. Evaluation criteria for crane purchase

## 7. ЗАКЉУЧАК

Индустрија контејнерских дизалица развила се до границе оштрог надметања, захваљујући успеху кинеског произвођача ЗПМЦ. Дизалице су постале све веће, брже, и "паметније", а при том су цене остале стабилне. Неки реномирани произвођачи су престали са производњом, док су они који су опстали на тржишту извршили значајне измене у начину производње и пословања. Ове динамичне промене измениле су и филозофију купаца ових дизалица, за разлику од претходних времена када су их они са оквирним спецификацијама наручивали од реномираних произвођача. Обе стратегије набавке разматране у раду су одрживе у будућности, али се за средњи ниво наруџби тренд креће ка "Tailor-Made" приступу, укључујући повећан ниво квалитета надзора над пројектом и производом.

## 7. CONCLUSION

The container crane industry has evolved into a highly competitive market, currently driven by the success of the Chinese manufacturer ZPMC. The cranes have become better - larger, faster, and smarter, while prices have remained stable. Some established crane manufacturers have stopped manufacturing cranes, and others have made significant changes to their product and operations to remain in business. This dynamic has changed the crane purchase methods from earlier times when the purchaser, armed with a two-page specification, could order a good quality crane from the established suppliers. Both procurement strategies, "Off-the-Shelf" and "Tailor-Made", are viable. For the medium sized orders, the trend is towards the Tailor-Made approach, including an increased level of quality monitoring effort.

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] Verschoof J.: *Cranes - Design, Practice, and Maintenance*, 2<sup>nd</sup> edition, Professional Engineering Publishing Limited, London and Bury St Edmund, UK, 2002.
- [2] 12<sup>th</sup> International Historic Mechanical Engineering Landmark: PACECO Container Crane - The World's First High Speed, Dockside, Container Handling crane, American Society of Mechanical Engineers, Encinal Terminals - Alameda, California, USA, May 5th, 1983.
- [3] Zrnić N., Hoffmann K: *Development of design of ship-to-shore container cranes:1959-2004*, In: Symposium on History of Machines and Mechanisms, edited by Marco Ceccarelli, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, Dodrecht / Boston / London, Printed in Netherlands, 2004, pp. 229-242.
- [4] Bhimani, A. K., Jordan, M. A.: *Crane Purchase Specifications: Tailor-Made or Off-The-Shelf*, Presented at Conference "TOC '01", Lisbon, Portugal, June 20, 2001.
- [5] Vazifdar, F. R., Florin, J.: *Operating Jumbo Cranes on Existing Wharves*, Presented at Conference "TOC Asia 2004", Singapore, March 2-4, 2004.
- [6] Morris, C. A., Mc Carthy. P. W.: *The Impact of Jumbo Cranes on Wharves*, Proceedings of the Conference "PORTS '01", American Society of Civil Engineering, section 30, chapter 4, Norfolk, VA, USA, 2001.
- [7] Petković Z., Zrnić N.: *The Expectations in the Trend of Development of Container Cranes for the XXI Century*, Zbornik radova drugog naučno – stručnog skupa: Vodni saobraćaj u 21. veku, str. 121-128, Saobraćajni fakultet Beograd, Beograd, 2002.
- [8] Jordan M. A.: *Purchasing cranes in a changing world*, Proceedings of the Conference "PORTS '98", American Society of Civil Engineers, Long Beach, CA, USA, 1998, pp. 591-602.
- [9] Vazifdar F. R., Davis Rudolf III, C.: *Masterclass on Crane Procurement, Modernization, and Maintenance*, Presented at Conference "TOC Asia 2003", Hong Kong, China, February, 2003.
- [10] Zrnić N.: *The influence of some container cranes design characteristics on terminal system performances*, In: *Modelling and Optimisation of Logistic Systems – Theory and Practice*, edited by T. Banyai and J. Cselenyi, University of Miskolc, Hungary, 2001, pp. 159-171.
- [11] Georgijević, M., Zrnić, N.: *Technical parameters and constructions of container cranes for river port terminals*, Proceedings of the 9th International Conference MECHANICAL ENGINEERING 2005, Slovak University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Bratislava, 2005.

Овај рад представља део истраживања у оквиру пројекта Технолошког Развоја ТР 6344 "Истраживање, развој и конструкција машина за претовар и складиштење контејнера и расутих материјала", подржан од Министарства за науку и заштиту животне средине Републике Србије.

This paper is a part of the research project in the field of technological development TR 6344 "Research, development and construction of machines for handling and stocking of containers and bulk materials", supported by Serbian Ministry of Science and Environmental Protection.