

Проучване на съществуващите технологии за вертикално манипулиране на интермодални транспортни единици в интермодални терминали в Европа

Светослав Мартинов

Катедра „Железопътна техника“, Факултет по транспорта, Технически университет – София, бул. „Кл. Охридски“ №8, 1000 София, България

s.martinov@tu-sofia.bg

Резюме. В интермодалните терминали се прилагат различни технологии за манипулиране на интермодалните транспортни единици. Върху избора на технология влияние оказват множество фактори – технологични, технически, икономически и др. В настоящият доклад е извършено проучване на съществуващите технологии за вертикално манипулиране на интермодални транспортни единици в интермодални терминали, разположени на територията на Европа. Изследвани са 415 интермодални терминала, разположени в 24 държави. Разгледани са железопътно-автомобилни и пристанищни интермодални терминали в Европа, обслужващи вътрешноводни пътища и/или фидерни контейнерни линии. Проучени са основните видове машини, използвани за вертикално манипулиране на интермодални транспортни единици в изследваните интермодални терминали – мобилни стрелови товарачи, релсови контейнерни кранове, кранове с гумени ходови колела и кранове за товарене и разтоварване на баржи и/или фидерни кораби. Извършено е класифициране на технологиите за манипулиране на товарите според вида на използваните товарно-разтоварни машини. В резултат на проучването и извършената класификация е установено разпределението на технологиите за вертикално манипулиране. Най-често прилагани, за манипулиране на товарите в изследваните интермодални терминали, са технологии с мобилни стрелови товарачи (41,9 %), комбинация между релсови козлови кранове и мобилни стрелови товарачи (18,8 %), релсови козлови кранове (15,4 %) и пристанищни кранове в комбинация с мобилни стрелови товарачи (15,4 %).

ВЪВЕДЕНИЕ

Интермодалната транспортна система е система за превоз на товари с два или повече вида транспорт. Товарите са разположени в транспортна единица, наречена „интермодална транспортна единица“ [1], която се манипулира при смяна на вида на транспортното средство без да се извършва претоварване на товара, разположен в нея. Натоварването на товара в интермодалната транспортна единица се извършва в началото на превоза – при товародателя, а разтоварването му в края на превоза – при товарополучателя. Процесът на транспортиране на интермодалната транспортна единица от товародателя до товарополучателя се извършва в една непрекъсната транспортна верига, наречена „интермодална транспортна верига“ [2].

Основните принципи на интермодалните превози са: основната част от транспортирането на товара на голямо разстояние се осъществява с железопътен и/или воден транспорт; използват се интермодални транспортни единици, които се претоварват при смяна на вида на превозното средство в интермодални терминали; началния и/или крайния етап от транспортирането се осигурява с превоз по шосе, като тези етапи са възможно на най-късо разстояние. Транспорт, който отговаря на тези принципи се нарича интермодален транспорт. Разновидност на интермодалния транспорт е т. нар. „комбиниран транспорт“ [1], като при него основната част от Европейския маршрут се осъществява с железопътен и/или воден транспорт – вътрешноводен и/или по море.

При интермодалните превози са обособени няколко основни вида интермодални транспортни единици: голямотонажни контейнери, сменяеми надстройки, полуремаркета, подходящи за превоз с интермодален транспорт и съчленени превозни средства (влекач и полуремарке).

Понятието „голямотонажен контейнер“ е обобщаващ термин за стандартизирано товарно пространство, позволяващо многократна употреба, подходящо за транспортиране с различни видове транспорт – шосеен, железопътен и, в някои случаи, воден и снабдено с ъглови устройства за захващане и манипулиране (фитинги) при смяна на вида на превозното средство. Позволяват подреждане на редове един върху друг. Голямотонажните контейнери (или само контейнери), според дължината им, са четири вида – 20, 30, 40 или 45 футови. Според предназначението си, контейнерите се класифицират най-общо като контейнери: с общо предназначение; със специално предназначение (платформени, открити и др.); за специфични товари (изолирани, с топлинен режим, цистерни, насипни товари, живи животни, опасни товари и т.н.) и др. Според вида на транспорта с който могат да бъдат транспортирани, контейнерите са два вида: контейнери за превоз с наземен транспорт (железопътен и шосеен), които са със спецификации, отговарящи на изискванията на Международния железопътен съюз за превоз по железница (на англ. „Inland containers“) и морски контейнери (на англ. „Sea containers“), позволяващи да се превозват по вода с контейнерни кораби [3].

Сменяемите интермодални надстройки (на англ. „Swap body“) са стандартизирани товарни пространства за многократна употреба с подходящи спецификации за транспортиране, основно с железопътен и шосеен транспорт. Съоръжени са с устройства, позволяващи да се манипулират със специални хватове с рамена при смяна на вида на транспортното средство. Не позволяват подреждане по височина, едно върху друго. Често използвани в железопътно-автомобилните комбинирани превози са сменяеми надстройки от клас „А“ (дължина 13,6 m) и клас „С“ (с дължини 7,15 m, 7,45 m или 7,82 m).

Интермодалните полуремаркета (на англ. „Craneable semi-trailers“) са шосейни превозни средства за превоз на товари, които се съчленяват и задвижват от влекач. Те са подходящи за интермодален превоз с железопътен транспорт, като се разполагат в специални интермодални вагони. Оборудвани са със странични приспособления, позволяващи вертикално манипулиране от кранове, съоръжени с товарохватни приспособления със специални рамена.

При интермодалните превози са познати два основни метода за претоварване на интермодалните транспортни единици при смяна на вида на транспорта – хоризонтален (т. нар. „Roll-on – Roll-off“ метод или „Ro-Ro“) и вертикален (т. нар. „Lift-on – Lift-off“ метод или „Lo-Lo“) [1, 4]. При хоризонталните методи, натоварването/разтоварването на товара върху/от влака или кораба обикновено се извършва чрез използване на ходовите колела на товарния автомобил или вагона (при фериботни превози на железопътни вагони) без използване на товарно-разтоварни машини с които да се повдигне товара. При вертикалните методи се използват товарно-разтоварни машини, които повдигат интермодалните транспортни единици (контейнери, сменяеми надстройки или интермодални полуремаркета) при смяна на вида на транспорта.

Съществуват две основни направления интермодални превози – придружени и непридружени [1]. Придружените интермодални превози се отнасят за превоз на съчленено шосейно превозно средство – влекач и полуремарке, транспортирано с железопътен или воден (фериботен) транспорт. По време на превоза, водачът на товарния автомобил го придружава в специален пътнически вагон от състава на интермодалния влак или каюта в кораба. Придружените интермодални превози на съчленено превозно средство с железопътен транспорт са познати като „Ro-La“ превоз или т. нар. „подвижно шосе“. При тези превози, натоварването и разтоварването на товарните автомобили върху/от специализираните железопътни вагони с нисък под се извършва чрез хоризонтален метод. Непридружените интермодални превози се отнасят за транспортиране на интермодални транспортни единици - контейнери, сменяеми надстройки и/или интермодални полуремаркета, които не се придружават от водача/водачите на товарните автомобили по време на превоза с влак и/или кораб (най-често при комбинираните превози).

Интермодалните терминали са основни елементи на интермодалната транспортна система. Основно тяхно предназначение е да осигуряват възможност за претоварване на интермодалните транспортни единици при смяна на вида транспорт (шосеен, железопътен, вътрешноводен и/или морски, включително и фериботен) и условия за временното им (краткосрочно) складиране при необходимост [5]. Според вида на интермодалните транспортни единици, които се манипулират в интермодалните терминали се използват различни технологии за манипулирането им – хоризонтални или вертикални. В зависимост от предназначението и разположението им, интермодалните терминали могат, най-общо, да се класифицират като:

- контейнерни пристанищни терминали – обикновено са част от пристанище и осигуряват условия за вертикално товарене и разтоварване на кораби, транспортиращи контейнери. Терминалът е свързан с шосейната и, в повечето случаи, с железопътната инфраструктура;

- наземни интермодални терминали, наричани още железопътно-автомобилни интермодални терминали – обслужват се от железопътен и шосеен транспорт и, в зависимост от специализацията си, в тях могат да се манипулират контейнери, сменяеми надстройки и/или полуремаркета чрез вертикални методи на претоварване;

- сухи пристанища (т. нар. „Dry ports“) - железопътно-автомобилни интермодални терминали, специализирани за обслужване на едно или повече контейнерни пристанища;

- Ro-La терминали – интермодален терминал, организиран и оборудван за хоризонтално претоварване на съчленени превозни средства върху/от железопътни вагони за превозването им по системата „подвижно шосе“;

- фериботно пристанище – специализирано пристанище за хоризонтално натоварване/разтоварване на товарни автомобили и/или железопътни товарни вагони върху/от фериботни кораби.

- вътрешноводно интермодално пристанище – свързано с железопътната и/или шосейна инфраструктура и осигуряващо условия за вертикално натоварване и разтоварване на интермодални транспортни единици (най-често контейнери и сменяеми надстройки) за превоз с баржи и/или фидерни кораби.

МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕ

В доклада е извършено проучване на основните видове товарно-разтоварни технологии [6, 7], използвани за вертикално манипулиране на интермодални транспортни единици в интермодални терминали на Европа. Чрез сравнителен анализ са класифицирани и групирани проучените интермодални терминали според използваните технологии за вертикално манипулиране на товарите. Изследването е проведено в три основни етапа:

Етап 1. Проучване на съществуващи интермодални терминали в Европа. В този етап, на базата на достъпни литературни източници, е извършено проучване на съществуващи интермодални терминали в Европа [8, 9, 10], в които се извършва манипулиране на интермодални транспортни единици. Разгледани са наземни железопътно-автомобилни, вътрешноводни и пристанищни интермодални терминали, в които се извършва вертикално манипулиране на съответни интермодални транспортни единици, според специализацията на терминала – контейнери, сменяеми надстройки и/или полуремаркета.

Етап 2. Класифициране на терминалите. В този етап се дефинират критериите за класификация на терминалите и се извършва класифициране на терминалите според избраните критерии.

Етап 3. Определяне на критериите за класификация на технологиите за манипулиране. Целта на етапа е да се формулират критерии по които да се класифицират технологиите за вертикално манипулиране на интермодалните транспортни единици според извършеното проучване за интермодалните терминали.

Проучване на съществуващи интермодални терминали в Европа

За провеждане на изследването е извършено проучване на съществуващите интермодални терминали в които се извършва вертикално манипулиране на интермодални транспортни единици. На база на достъпни литературни източници е изготвен списък на интермодални терминали на територията на Европа в които се извършва манипулиране на интермодални транспортни единици. Проучени са 415 интермодални терминала на територията на Европа, разположени в 24 държави – Белгия, България, Чехия, Дания, Германия, Гърция, Испания, Франция, Хърватия, Италия, Латвия, Литва, Люксембург, Унгария, Холандия, Австрия, Полша, Румъния, Словения, Словакия, Швеция, Швейцария, Северна Македония и Сърбия [10].

Класификация на терминалите

В проучването, интермодалните терминали са класифицирани според обслужваните в терминала видове транспорт. Според броя на обслужваните видове транспорт, интермодалните терминали се класифицират като двумодални или тримодални. Двумодалните терминали се обслужват от два вида транспорт – железопътен и автомобилен или автомобилен и воден. Тримодалните терминали се обслужват от трите вида транспорт – автомобилен, железопътен и воден. Броят на проучените интермодални терминали по държави е посочен в Таблица 1.

ТАБЛИЦА 1.

Държава	Брой проучени интермодални терминали	Държава	Брой проучени интермодални терминали
Белгия	26	Люксембург	1
България	6	Унгария	6
Чехия	15	Холандия	24
Дания	4	Австрия	16
Германия	140	Полша	34
Гърция	1	Румъния	20
Испания	19	Словения	5
Франция	23	Словакия	10
Хърватия	6	Швеция	15
Италия	19	Швейцария	16
Латвия	1	Северна Македония	1
Литва	5	Сърбия	2

Според вида на транспорта, интермодалните терминали се класифицират като:

- железопътно-автомобилни, наричани още наземни терминали - двумодални терминали, които се обслужват от железопътен и автомобилен транспорт. Разновидност на наземните терминали са и т. нар. „сухи пристанища“ и

- пристанищни терминали – терминали, които се обслужват от воден транспорт, като в зависимост от броя на обслужваните видове транспорт могат да са двумодални – обслужвани от воден и автомобилен транспорт или тримодални – обслужвани от воден, железопътен и автомобилен транспорт.

В пристанищните терминали, обхванати в изследването, се извършва вертикално манипулиране на интермодални транспортни единици - контейнери и/или сменяеми надстройки. Данни за броя и дела на терминалите с осигурен достъп до съответен вид транспорт – шосеен, воден или железопътен са посочени в Таблица 2.

ТАБЛИЦА 2.

Достъп до	Брой на терминалите	Дял, %
Шосеен транспорт	415	100,0
Железопътен транспорт	391	94,2
Воден	113	27,2

Разпределението на броя на изследваните терминали според вида на терминала – железопътно-автомобилен или пристанищен и според броя на обслужваните видове транспорт е посочено в Таблица 3.

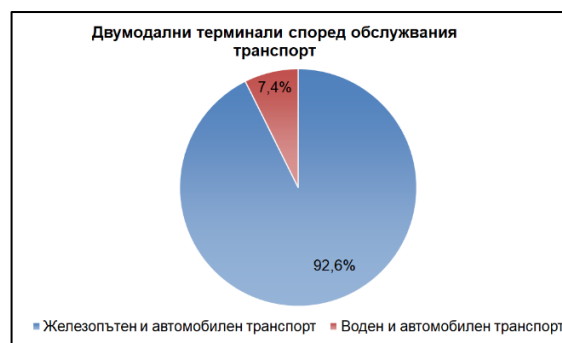
ТАБЛИЦА 3.

Вид на терминала	Обслужван вид транспорт	Брой на терминалите	Дял, %
Железопътно – автомобилен, двумодален	Железопътен и автомобилен	302	72,8
Пристанищен, двумодален	Воден и автомобилен	24	5,8
Пристанищен, тримодален	Железопътен, воден и автомобилен	89	21,4

Двумодалните терминали са 326 броя с дял 78,6 % от общия брой проучени терминали. От двумодалните терминали, железопътно-автомобилни са 302 терминала или 92,6 %, а 24 терминала или 7,4 % са обслужвани от воден и автомобилен транспорт. Графично, делът на интермодалните терминали според броя на обслужваните в тях видове транспорт (дву- или тримодални терминали) и вида на транспортните средства, обслужвани в двумодалните терминали са посочени на Фиг. 1 и 2.



ФИГУРА 1.



ФИГУРА 2.

Класификация на технологиите за манипулиране на интермодални транспортни единици

Основните технологии, които се използват за вертикално манипулиране на интермодалните транспортни единици в проучените интермодални терминали са с използване на мобилни стрелови товарачи (на англ. Reach Stackers), релсови козлови кранове (на англ. Rail Mounted Gantry cranes), козлови кранове с гумени ходови колела (на англ. Rubber Tyred Gantry cranes), пристанищни кранове за товарене на баржи и/или фидерни кораби – мобилни или релсови (на англ. Barge cranes).

Данни за технологиите за манипулиране, които се използват самостоятелно или в комбинация в проучените терминали, са посочени в Таблица 4.

ТАБЛИЦА 4.

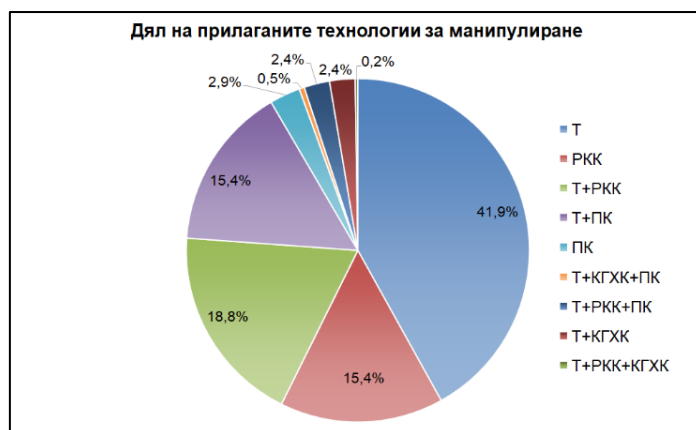
Технология за вертикално манипулиране	Брой на терминалите в които се прилага технологията
Мобилен стрелов товарач (Т)	339
Релсов козлов кран (РКК)	153
Козлов кран с гумени ходови колела (КГХК)	13
Пристанищен кран (ПК)	88

РЕЗУЛТАТИ

Обобщени данни за разпределението на технологиите за вертикално манипулиране на интермодалните транспортни единици, според броя на терминалите в които се прилагат, са посочени в Таблица 5 и графично на Фиг. 3.

ТАБЛИЦА 5.

Технология за вертикално манипулиране	Брой терминали в които се прилага	Дял, %
Мобилен стрелов товарач (Т)	174	41,9
Релсов козлов кран (РКК)	64	15,4
Мобилен стрелов товарач и релсов козлов кран (Т+РКК)	78	18,8
Мобилен стрелов товарач и пристанищен кран (Т+ПК)	64	15,4
Пристанищен кран (ПК)	12	2,9
Мобилен стрелов товарач, козлов кран с гумени ходови колела и пристанищен кран (Т+КГХК+ПК)	2	0,5
Мобилен стрелов товарач, релсов козлов кран и пристанищен кран (Т+РКК+ПК)	10	2,4
Мобилен стрелов товарач и козлов кран с гумени ходови колела (Т+КГХК)	10	2,4
Мобилен стрелов товарач, релсов козлов кран и козлов кран с гумени ходови колела (Т+РКК+КГХК)	1	0,2



ФИГУРА 3.

Според дефинираните критерии за вида на интермодалните терминали и технологиите, прилагани за манипулиране на интермодални транспортни единици в проучените терминали, е класифициран броя на терминалите в които се прилага съответна технология или комбинация от технологии за манипулиране.

В Таблица 6 е посочена обобщена информация за технологиите за вертикално манипулиране на интермодални транспортни единици, използвани в двумодалните железопътно-автомобилни терминали и броя на терминалите в които се прилага съответна технология или комбинация от технологии.

ТАБЛИЦА 6.

Технология за вертикално манипулиране в железопътно-автомобилни терминали	Брой терминали в които се прилага	Дял, %
Мобилен стрелов товарач (Т)	154	51,0
Релсов козлов кран (РКК)	64	21,2
Мобилен стрелов товарач и релсов козлов кран (Т+РКК)	74	24,5
Мобилен стрелов товарач и козлов кран с гумени ходови колела (Т+КГХК)	10	3,3

В Таблица 7 е посочена обобщена информация за технологиите за вертикално манипулиране на интермодални транспортни единици, използвани в проучените пристанищни интермодални терминали, обслужвани от воден и автомобилен транспорт и броя и дела на терминалите в които се прилага съответна технология или комбинация от технологии.

ТАБЛИЦА 7.

Технология за вертикално манипулиране в пристанищни интермодални терминали, обслужвани от воден и автомобилен транспорт	Брой терминали в които се прилага	Дял, %
Мобилен стрелов товарач (Т)	8	33,3
Мобилен стрелов товарач и пристанищен кран (Т+ПК)	12	50,0
Пристанищен кран (ПК)	4	16,7

В Таблица 8 е посочена обобщена информация за технологиите за вертикално манипулиране на интермодални транспортни единици в проучените тримодални интермодални терминали и броя и дела на терминалите в които се прилага съответна технология или комбинация от технологии.

Графично, дялът на съответните технологии за манипулиране в изследваните двумодални – железопътно-автомобилни и пристанищни и тримодални интермодални терминали е изобразен съответно на Фиг. 4, 5 и 6.

ТАБЛИЦА 8.

Технология за вертикално манипулиране в тримодални терминали	Брой терминали в които се прилага	Дял, %
Мобилен стрелов товарач (Т)	12	13,5
Мобилен стрелов товарач и релсов козлов кран (Т+РКК)	4	4,5
Мобилен стрелов товарач и пристанищен кран (Т+ПК)	52	58,4
Пристанищен кран (ПК)	8	9,0
Мобилен стрелов товарач, козлов кран с гумени ходови колела и пристанищен кран (Т+КГХК+ПК)	2	2,2
Мобилен стрелов товарач, релсов козлов кран и пристанищен кран (Т+РКК+ПК)	10	11,2
Мобилен стрелов товарач, релсов козлов кран и козлов кран с гумени ходови колела (Т+РКК+КГХК)	1	1,1



ФИГУРА 4.



ФИГУРА 5.



ФИГУРА 6.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проучени са 415 интермодални терминала на територията на Европа в които се извършва вертикално манипулиране на обработваните интермодални транспортни единици – контейнери, интермодални полуремаркета и/или сменяеми надстройки. От проучените терминали, двумодалните терминали са 326 броя (78,6 %), като 302 (92,6 %) от тях са наземни, обслужвани от железопътен и автомобилен транспорт, а 24 терминала (7,4 %) са пристанищни – обслужвани от воден и автомобилен транспорт. Тримодалните терминали, обслужвани от железопътен, автомобилен и воден транспорт са 89 броя или 21,4 % от всички проучени в изследването терминали.

От данните, описани по-горе в доклада, е видно разнообразието в прилаганите технологии за вертикално манипулиране на интермодалните транспортни единици в различните изследвани терминали. В двумодалните железопътно-автомобилни интермодални терминали предпочитани са самостоятелните технологии с мобилни стрелови товарачи (дял 51 %) или релсови козлови кранове (дял 21,2 %), като общия дял на терминалите в които не се прилага комбиниране на технологии е над 72 %. В останалите терминали най-често се прилага комбинация между релсови козлови кранове и мобилни товарачи (в 24,5 % от изследваните терминали от този вид).

В пристанищните двумодални терминали, обслужвани от воден и автомобилен транспорт, предпочитана технология е комбинирането на пристанищен кран с мобилни стрелови товарачи, като тази технология се прилага в 50 % от изследваните терминали. В останалите терминали се използват самостоятелни технологии с мобилни товарачи (33,3 %) или с пристанищни кранове – релсови или мобилни (при 16,7 % от терминалите от тази група).

По-голямо разнообразие от прилагани технологии се наблюдава при изследваните тримодални интермодални терминали. Предпочитана технология при терминалите от този вид е комбинацията между пристанищен кран и мобилен стрелов товарач (при 58,4 % от терминалите в тази група). Следващата предпочитана технология с 13,5 % е манипулиране на товарите с мобилни стрелови товарачи. На трето място по използване е комбиниране на пристанищен кран, релсов козлов кран и мобилен стрелов товарач (11,2 % от изследваните терминали в тази група). На следващо място с 9 % се подрежда самостоятелно използване на пристанищни кранове.

ЛИТЕРАТУРА

1. Terminology on combined transport. UN/ECE, ECMT and EC, (2001).
2. С. Ананиев и С. Мартинов, “Възможности на железопътната инфраструктура в трансграничния регион България - Румъния за обособяване на товарни интермодални центрове”, Годишник на Висше транспортно училище „Тодор Каблешков” **9**, ISSN 1314-362X, (2018).
3. *Comparative Evaluation of Transshipment Technologies for Intermodal Transport and Their Cost* (EC, PricewaterhouseCoopers and KombiConsult, Brussels, 2022).
4. B. Wiegmans, B. Behdani, “A review and analysis of the investment in, and cost structure of, intermodal rail terminals”, *Transport Reviews* **38**(1), pp. 33–51 (2018).
5. I. F. A. Vis, R. de Koster, “Transshipment of containers at a container terminal: An overview”, *European Journal of Operational Research* **147**, pp. 1–16 (2003).
6. M. Bielenia et al., *Combined Transport Terminals Benchmark Analysis* (University of Gdansk, 2020), edited by Ernest Czermański.
7. R. Stahlbock, S. Voß, “Operations research at container terminals: a literature update”, *OR Spectrum* **30**, pp. 1–52 (2008).
8. B. Wiśnicki, D. Bonk, *Analysis of Combined Transport Terminal Operations. Identification of Measures to Improve Terminals in BSR* (COMBINE Project, Bydgoszcz, 2020).
9. *European Road-Rail Combined Transport*, UIRR, Report 2020-21, Brussels, Belgium, (2021).
10. <https://www.intermodal-terminals.eu/database> (достъп от 27.08.2022 г.)

Study of the Existing Technologies for Vertical Handling of Intermodal Transport Units in Intermodal Terminals in Europe

Svetoslav Martinov

*Department of Railway Engineering, Faculty of Transport, Technical University of Sofia,
8 Kl. Ohridski Blvd., 1000 Sofia, Bulgaria*

Corresponding author: s.martinov@tu-sofia.bg

Abstract. Different technologies are applied for handling of intermodal transport units in the intermodal terminals. The technology selection is influenced by various factors - technological, technical, economical, etc. A study of existing technologies for vertical handling of intermodal transport units in intermodal terminals located in Europe is carried out in the present report. In the paper, 415 intermodal terminals located in 24 European countries have been studied in total. Rail-road and port intermodal terminals in Europe, serving inland waterways and/or feeder container lines, have been included in the study. The main types of transshipment equipment for vertical handling of intermodal transport units in the intermodal terminals have been studied - reachstackers, rail mounted gantry cranes, rubber tyred gantry cranes and barge cranes in inland waterway ports. A classification of the cargo handling technologies in intermodal terminals according to the type of transshipment equipment has been done. As a result of the study and classification, the distribution of the vertical transshipment technologies that are used in the studied intermodal terminals has been determined. The most frequently used cargo handling technologies in the studied intermodal terminals are the reachstackers (41,9 %), rail mounted gantry cranes in combination with reachstackers (18,8 %), rail mounted gantry cranes (15,4 %) and reachstackers in combination with barge cranes (15,4 %).