МЛАД ФОРУМ
Механика Транспорт Комуникации
Научно списание http://www.mtc-aj.com

ISSN 2367-6558 (print)
ISSN 2367-6612 (online)
том 15, брой 1, 2026 г.
статия № 2799

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФАКТОРИТЕ, ОПРЕДЕЛЯЩИ ИЗБОРА НА ПОДЕМНО-ТРАНПОРТНИ МАШИНИ ПРИ ИЗГРАЖДАНЕ НА ПРЕНОСНИ ТРЪБОПРОВОДИ

Милен Каменов
kamenovmk@gmail.com

Висше транспортно училище
1574, ул. "Гео Милев" 158, София
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

***Ключови думи**: преносни тръбопроводи, подемно-транспортни машини, строителна механизация, тръбопроводи, избор на машини, строителен процес, товароподемност.*

***Резюме**: В доклада е извършен анализ на основните фактори, които влияят върху избора на машини за повдигане, транспортиране, позициониране и спускане на тръби и тръбни секции при изграждане на линейни инженерни обекти. Разгледани са товарните характеристики на елементите, работният радиус, височината на повдигането, теренните и геотехническите условия, мобилността на машините, организацията на строителния процес, изискванията за безопасност, спазването на антикорозионното покритие и икономическите показатели. Обоснована е необходимостта от комплексен подход при избора на механизация, при който техническите параметри на машините се съгласуват с технологичната схема на строителството и с конкретните условия по трасето.*

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Изграждането на преносни тръбопроводи представлява специфично линейно строителство, при което строително-монтажните работи се извършват по продължително трасе, често в променливи и пресечени терени и различни климатични и организационни условия. Съществен дял в този процес изискват операции по товарене, разтоварване, вътрешнообектово транспортиране, разполагане по трасето, повдигане, придържане, спускане в изкопа, монтажа на тръби, арматури и технологични съоръжения.

Ефективността на тези операции в значителна степен зависи от правилния избор на подемно-транспортни машини. При неподходящ подбор се увеличават технологичните изисквания, рискът от увреждане на тръбите и изолацията, опасността от аварийни ситуации и общата стойност на строителството. От тази гледна точка изборът на механизация не следва да се разглежда само като въпрос на налична товароподемност, а като многокритериална инженерна задача, отчитаща особеностите на обекта и технологията за изпълнение.

Целите на този доклад са да се анализират основните фактори, които определят избора на подемно-транспортни машини при изграждането на преносни тръбопроводи, и да се систематизират водещите критерии за тяхната оценка.

2. ОСОБЕНОСТИ НА СТРОИТЕЛСТВОТО НА ПРЕНОСНИ ТРЪБОПРОВОДИ

Преносните тръбопроводи се изграждат при условия, които се отличават същностно от тези на останалите строителни обекти, в частност тези, които попадат в сферата на високото строителство. Работният фронт е развит на по - голяма дължина, а отделните строителни процеси се изпълняват с технологична последователно в обхвата на трасето. Това предлага използване на машини с висока мобилност, добра проходимост и възможност за ефективна работа на временни площадки и строителни пътища.

Спецификата на тръбопроводното строителство се определя и от характера на повдиганите елементи. Тръбите са дългомерни товари със значителна маса, голяма дължина и чувствително външно покритие. При тях не е достатъчно да бъде осигурено само повдигане, а е необходимо стабилно, плавно и контролирано манипулиране, което да предотврати деформацията, ударите и евентуални повреди на защитния слой.

Освен това строителството често се извършва в наклонени, влажни, неустойчиви терени или трудно достъпни участъци, което пряко влияе върху избора между колесни и верижни машини, както и върху необходимостта от специализирани тръбополагачи.

3. ОСНОВНИ ВИДОВЕ ПОДЕМНО-ТРАНСПОРТНИ МАШИНИ ПРИ ИЗГРАЖДАНЕ НА ТРЪБОПРОВОДИ

В практиката при изграждане на преносни тръбопроводи се използват няколко основни групи машини. Автомобилните кранове намират широко приложение при товаро-разтоварни операции, монтаж на възли, фасонни части, спирателна арматура и технологично оборудване. Тяхно предимство е добрата мобилност и възможността за бързо преместване между отделни работни позиции.

Верижните кранове се използват при по-тежки монтажни операции и в участъци с по-неблагоприятни теренни условия, където е необходима по-висока устойчивост и по-ниско специфично натоварване върху терена. Тръбополагачите представляват специализирани машини, предназначени за повдигане, придържане и спускане на тръбите в изкопа. Те са особено подходящи при работа по дълги трасета и при синхронно манипулиране на заварени секции в групи.

Към групата на помощната механизация се отнасят телескопични товари, челни товари, мотокари и специализирани транспортни средства, използвани в складови бази, временни площадки и при доставка на тръби и съоръжения по трасето.

4. АНАЛИЗ НА ФАКТОРИТЕ ПРИ ИЗБОРА НА МАШИНИ

4.1. Товарни характеристики на елементите

Първият и основен фактор се свързва с масата, размерите и конструктивните особености на повдиганите елементи. При избора на машина трябва да се отчете собствената маса на тръбата или сечението, дължината на елемента, положението на центъра на тежестта, да се отчетат необходимите точки за окачване и вида на използването на товарозахващащи устройства.

При дългомерни товари неправилното окачване може да доведе до локални деформации, да увеличи огъващите усилия или да повреди антикорозионното покритие. Ето защо машината и схемата на повдигане трябва да се разглежда съвместно.

4.2 Влияние на условията на строителната площадка върху избора на подемно-транспортна машина

Условията на строителната площадка оказват пряко влияние върху избора на подемно-транспортна машина, тъй като определят нейната експлоатационна пригодност, устойчивост и ефективност. Най-съществено значение имат носимоспособността на терена, наклонът на площадката, достъпът до работната зона, дълбочината на изкопа и наличието на ограничено пространство за маневриране. При стабилен терен и осигурен достъп са по-подходящи мобилни колесни машини, докато при слаб, влажен или наклонен терен предимство имат верижните машини и тръбополагачите. Следователно условията на площадката не само ограничават възможните технически решения, но и насочват избора към машина, която осигурява безопасно, устойчиво и производително изпълнение на строителния процес.

Избор на машина:

- автомобилен кран
- верижен кран
- тръбополагач
- телескопичен товарач

Задаване на критерии

- товароподемност
- производителност
- мобилност
- работа на слаб терен
- работа с дългомерни секции
- безопасност при спускане в изкоп

Оценка по скала от **1 до 5**.

Скала: 1 – много ниска пригодност, 2 – ниска пригодност, 3 – средна пригодност, 4 – висока пригодност и 5 – много висока пригодност на съответния тип машина спрямо разглеждания критерий.

За целите на анализа в табл. 1 и на фиг. 1 е извършена сравнителна експертна оценка на основните типове подемно-транспортни машини, използвани при изграждането на преносни тръбопроводи. Оценката е направена по шест основни критерия: мобилност, товароподемност, производителност, пригодност за работа на слаб терен, пригодност за работа с дълги секции и безопасност при спускане в изкоп.

Данните показват, че автомобилният кран има най-добри показатели по отношение на мобилността и добра производителност при благоприятни условия на достъп, което го прави ефективен при дискретни монтажни операции и при чести премествания по трасето. Неговата пригодност обаче намалява при слаб терен, увеличен работен радиус и работа с по-дълги тръбни секции.

Верижният кран заема междинна, но устойчива позиция. Той показва висока товароподемност, добра производителност и много добра работа при неблагоприятни теренни условия, което го прави подходящ за по-тежки монтажни операции и за участъци с ограничена носимоспособност на терена.

Най-висока комплексна оценка получава тръбополагачът, който показва най-добра пригодност при работа на слаб терен, при манипулиране на дълги тръбни секции и при безопасно спускане в изкоп. Това го определя като най-подходящо решение при сложни линейни монтажни операции, особено когато трасето преминава през труднодостъпни или нестабилни участъци.

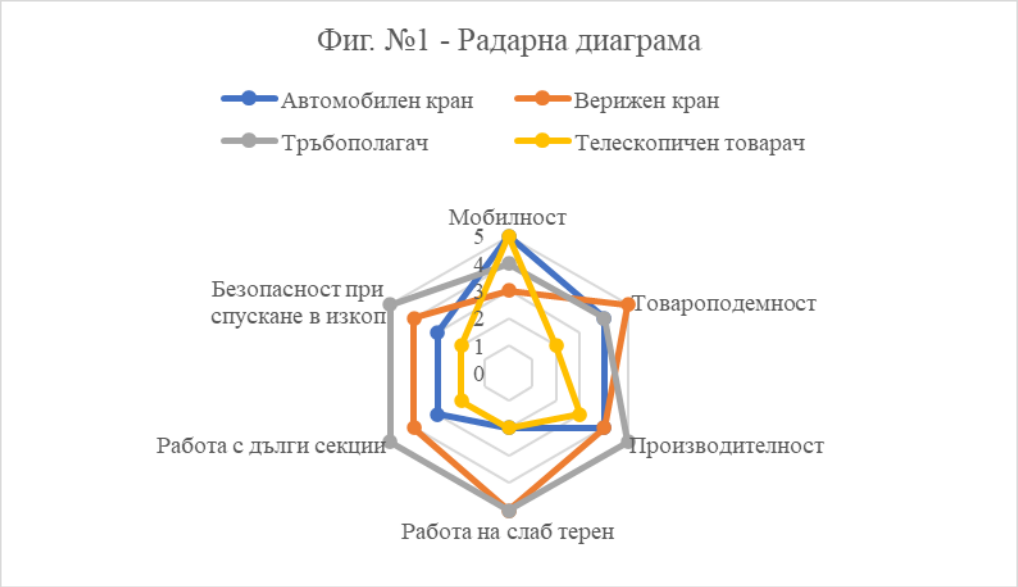
Телескопичният товарач има най-ограничена приложимост в разглеждания процес. Той може да бъде полезен при спомагателни операции, работа в складови площадки и обслужващи дейности, но не е оптимално решение при основните

монтажни операции по трасето, особено когато се работи с дълги секции и при повишени изисквания за безопасност.

Следователно сравнителният анализ потвърждава, че изборът на машина трябва да се извършва не по един показател, а чрез съпоставяне на няколко взаимно свързани критерия. При добра достъпност и кратки цикли предимство има автомобилният кран; при тежки теренни условия и големи товари — верижният кран; а при работа с дълги секции и спускане в изкоп — тръбополагачът.

Таблица 1. Сравнителна оценка на основни типове подемно-транспортни машини при изграждане на преносни тръбопроводи

Тип машина	Мобилност	Товаро-подемност	Произво-дителност	Работа на слаб терен	Работа с дълги секции	Безопасност при спускане в изкоп
Автомобилен кран	5	4	4	2	3	3
Верижен кран	3	5	4	5	4	4
Тръбополагач	4	4	5	5	5	5
Телескопичен товарач	5	2	3	2	2	2



Фиг. 1. Радарна диаграма

Данните от табл. 1 и фиг. 1 показват, че не съществува универсално най-подходяща машина за всички условия на работа. Автомобилният кран има предимство по отношение на мобилността и добрата производителност при осигурен достъп, но показва по-ниска пригодност при слаб терен и при работа с дълги тръбни секции. Верижният кран съчетава висока товароподемност, добра производителност и много добра работа при неблагоприятни теренни условия. Най-висока комплексна оценка получава тръбополагачът, който е най-подходящ при работа на слаб терен, манипулиране на дълги секции и безопасно спускане в изкоп. Телескопичният товарач е приложим предимно при спомагателни операции и при благоприятни условия на достъп.

4.4. Влияние на работния цикъл

Избраната механизация трябва да отговаря на общия темп на строителството. Ако подемно-транспортната машина има недостатъчна производителност, тя се

превръща в ограничаващ фактор за целия поток от строителни операции. Ако машината е прекалено мощна, но слабо натоварена, се достига до неикономично използване на ресурса.

Оценката на производителността трябва да включва прилагането на работния цикъл, времето за товаро-разтоварни работи, времето за придвижване по трасето, както и изкопните и монтажни работи.

При линейните обекти и особено строително-монтажните работи по тръбопроводи един от основните фактори е и времето за товаро-разтоварни работи.

Това време ***Тртц*** е равно на сумата от всички съставни операции и влияещите компоненти.

(1) $$Ттрц = N\ (Тзт + Тпт + Тпмц + Тст + Тоз + Твк + Топмц + Тск)$$

Ттрц - времето за разнасяне на тръбите за един разносен цикъл

Тпмц - време за придвижване на крана с повдигната тръба от депото до мястото на монтажа

Тзт - време за захващане на тръбата

Тпт - време за повдигане на тръбата

Тст - време за сваляне на тръбата

Тоз - време за освобождаване на захвата

Твк - време за вдигане на куката

Топмц - време за обратно придвижване

Тск - време за спускане на куката

N - брой на необходимите за разнасяне тръби

№	Операция	T_i (min)	Продължителност (min) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
1.	Захващане на тръбата, $T_{зт}$	0,5	
2.	Повдигане на тръбата, $T_{пт}$	0,75	
3.	Придвижване на крана, $T_{пмц}$	7,25	
4.	Сваляне на тръбата, $T_{ст}$	0,75	
5.	Освобождаване на товара, $T_{оз}$	0,5	
6.	Повдигане на куката, $T_{вк}$	0,5	
7.	Обратно придвижване на крана, $T_{опмц}$	6,25	
8.	Спускане на куката, $T_{ск}$	0,5	

Фиг. 2. Циклограма за разносен цикъл при време за придвижване до стоварището 7 min. обратно придвижване 5 min.

Посредством формулата за изчисляване на Ттрц е възможно да се състави коректна циклограма за процеси с различни особености. Това създава възможност за по-ефективно разпределяне на съставните елементи в процеса и анализиране на възможностите за тяхното подобряване, което ще даде отражение в по-ефективното използване на товаро-разтоварните машини и устройства.

4.5. Ефективност при работа

Икономическият анализ не следва да се ограничава до цената на наема или придобиването на машината. Необходимо е да се отчетат транспортните разходи, горивата, подкрепата, разходите за обслужващ персонал, възможните престои и влиянието върху общата промяна на строителството.

В редица случаи по-скъпа, но по-надеждна и по-производителна машина може да бъде по-икономически изгодна поради по-малък риск от аварии, по-кратки срокове и по-ниски косвени разходи.

Таблица 2. Основни фактори при избора на подемно-транспортни машини за изграждане на преносни тръбопроводи

Фактор	Съдържание на фактора	Влияние върху избора на машина
Товарни характеристики	Маса, дължина, диаметър, положение на центъра на тежестта, вид на покритието	Определят необходимата товароподемност, броя точки на окачване и вида на товарозахващащите приспособления
Работен радиус	Разстояние от машината до товара или до остатъка на изкопа	Влияе върху реалната товароподемност на крана и избора на стрела
Височина на повдигане	Необходима височина за повдигане, прехвърляне и спускане на тръбата	Определя необходимата геометрия на работното оборудване
Теренни условия	Носимоспособност на почвата, наклон, влажност, временни пътища	Определят избора между колесна, верижна или специализирана машина
Дължина и конфигурация на трасето	Линеен характер на обекта, чести премествания, трудностъпни участъци	Изисква висока мобилност и добра проходимост
Технология на строителство	Работа с единични тръби или със заварени секции, начин на спускане в изкопа	Определя необходимостта от единична машина или от синхронна работа на няколко машини
Безопасност	Устойчивост, риск от преобръщане, близост до изкопи и мрежи, ветрово въздействие	Налага избор на машина с подходящ запас за устойчивост и защитни устройства
Опазване на покритието	Чувствителност на антикорозионния слой към удар и триене	Налага плавно манипулиране и използване на щадящи захващащи средства
Производителност	Продължителност на цикъла, брой повдигания, темп на строителство	Влияе върху съответствието между машината и строителния поток
Икономическа ефективност	Наем, транспорт, гориво, поддръжка, персонал, престои	Определя икономическа целесъобразност на конкретното решение

5. ОБОБЩЕНА СИСТЕМА ОТ КРИТЕРИИ

На основата на извършения анализ може да се извърши следното приложение, че изборът на подемно-транспортни машини за изграждане на преносни тръбопроводи трябва да се извърши по основни критерии:

- техническа пригодност – товароподемност, радиус, височина, устойчивост;
- технологична съвместимост – съответствие с приемната технология на строителството;
- теренна пригодност – възможност за работа при конкретни почвени и релефни условия;
- безопасност – устойчивост и контролируемост на работния процес;
- експлоатационна надеждност – минимален риск от откази и престои;
- ефективност – оптимални общи разходи;

- качество на монтажа – щадящо и точно манипулиране на тръбите и секциите.

Фиг. 3. Логическа схема при избора на подемно-транспортни машини за изграждане на преносни тръбопроводи

Както е показано на фиг. 3, процесът на избор следва да се разглежда като последователна инженерна процедура, започваща с анализ на изходните данни и завършваща с технико-икономическа оценка на възможните решения.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изборът на подемно-транспортни машини при изграждането на преносни тръбопроводи е сложна инженерна задача, която изисква едновременно отчитане на технически, технологични, организационни, теренни, икономически и експлоатационни фактори. Недостатъчно е машината да притежава само необходимата номинална товароподемност. Необходимо е тя да бъде пригодена към реалния работен радиус,

дълбочината на изкопа, характера на терена, организацията на строителния поток и изискванията за безопасност и качество.

Рационалният избор на механизация осигурява ритмичност на строителния процес, намалява риска от затрупването на тръбите и покритията, подобрява безопасността и води до по-добра икономическа ефективност. Следователно подборът на подемно-транспортни машини следва да се разгледа като ключов елемент от общата технология и организацията на изграждането на преносните тръбопроводи.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Ганчев, И., Възможности за усъвършенстване на процесите при използване на товаро-разтоварни машини за изграждането на газ - и нефтопроводи, ВТУ „Т. Каблешков“, 2024

[2] Попов, И., Организация на строителството, ВСУ, „Черноризец Храбър“, 2008

[3] 13001-3-5:2026. Кранове – Общо проектиране.

AN ANALYSIS OF THE FACTORS DETERMINING THE SELECTION OF LIFTING AND TRANSPORT MACHINERY FOR TRANSMISSION PIPELINE CONSTRUCTION

Milen Kamenov
kamenovmk@gmail.com

Todor Kableshkov University of Transport
1574 Sofia, 158 "Geo Milev" Str.
REPUBLIC OF BULGARIA

Key words: *transmission pipelines, lifting and transport machines, construction mechanization, pipelines, machine selection, construction process, lifting capacity.*

Abstract: *This paper examines the principal factors influencing the selection of machines for lifting, transporting, positioning, and lowering pipes and pipe sections in the construction of linear engineering facilities. The following aspects are considered: the load characteristics of the elements, the working radius, the lifting height, the terrain and geotechnical conditions, the mobility of the machines, the organization of the construction process, safety requirements, the preservation of the anticorrosion coating, and the relevant economic indicators. The study substantiates the need for an integrated approach to the selection of mechanization, in which the technical parameters of the machines are aligned with the technological construction scheme and the specific conditions along the route. It concludes that the rational selection of lifting and transport machines is a key prerequisite for the rhythmic, safe, and high-quality construction of transmission pipelines.*