

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ КРАНО-МАНІПУЛЯТОРНИХ УСТАНОВОК

Володимир Волянчук

Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський пр-кт 31, Київ, Україна, e-mail: <http://org.knuba.edu.ua>

WAYS OF IMPROVEMENT CRANE-MANIPULATOR INSTALLATIONS

Vladimir Volianyuc

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Povitroflotsky Prospekt 31, Kyiv, Ukraine

АНОТАЦІЯ. Розглянуто шляхи удосконалення крано-маніпуляторних установок в сучасних умовах за основою системного підходу. Приведено різні варіанти конструкцій крано-маніпуляторних установок та їхнього розміщення на вантажних шасі. Надані варіанти перетину стріл крано-маніпуляторних установок, можливості їхнього оснащення електронікою та способи дистанційного керування операціями.

Ключові слова: крано-маніпуляторна установка, стріла, кузов, вантажне шасі.

АННОТАЦИЯ. Рассмотрены пути усовершенствования крано-манipуляторных установок в современных условиях на основе системного подхода. Приведены разные варианты конструкций крано-манipуляторных установок и их размещения на грузовых шасси. Описаны варианты разрезов стрел крано-манipуляторных установок, возможности их оснащения электроникой и способы дистанционного управления операциями.

Ключевые слова: крано-манipуляторная установка, стрела, кузов, грузовое шасси.

SUMMARY. Purpose. Identify the transformation of structures crane-manipulator installations based publications. **Methodology/approach.** Ways of improving crane-manipulator installations under current conditions for new systematic approach. **Findings.** Defined changes constructions crane-manipulator installations to increase their radius of action and increased versatility of application. **Research limitations/implications.** Crane-manipulator installation were changes from L-shaped to П-shaped, and then to the Z-shaped with the possibility of installing additional cable winches and using the cable hook suspension, which increased their range and expand the scope. **Originality/value.** Materials of the article can be used by the scientific and pedagogical staff and students in the educational process and used for further research.

Key words: crane-manipulator installation, arm, body, truck chassis.

Подано 28.05.2013; прийнято 10.06.2013

ВСТУП

Крани-маніпулятори на базі шасі вантажних автомобілів різної вантажопідйомності, завдяки поєднанню в одному технічному засобі можливості навантаження-розвантаження та транспортування різних матеріалів і конструкцій, знаходять все більш широке застосування в галузі перевезень, вантажно-розвантажувальних робіт, ведення складського господарства.

У джерелах [1– 6] приводяться варіанти покращення конструкцій крано-маніпуляторних установок (КМУ), але відсутній системний аналіз їх удосконалення.

МЕТА САТТІ

Огляд та системний аналіз шляхів удосконалення крано-маніпуляторних установок в сучасних умовах.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ

Звично, що для будь-яких робіт, пов'язаних з навантаженням важких і великогаба-

ритних предметів, необхідні окремо працюючий кран і вантажний автомобіль. Ця традиційна схема (вантажівка + автокран) має серйозні недоліки:

- необхідно залучати до виконання робіт дві одиниці техніки;
- збільшується число операторів, зайнятих в процесі навантаження-розвантаження;
- використання стандартного автокрана найчастіше неможливо в обмежених умовах;
- витрати на обслуговування техніки збільшуються до двох разів (це особливо істотно, якщо доводиться виконувати роботу на значній відстані від бази технічного обслуговування та ремонту);
- максимальна вантажопідйомність серійних автокранів українського виробництва становить 6 ... 40 т, що робить їх неефективними на роботах, пов'язаних з переміщенням вантажів до 6 т включно.

З'єднання крана і вантажної автомобільної платформи в одному технічному пристрої (рис.1) дозволяє збільшити інтенсивність його використання для транспортування вантажів, звівши до мінімуму частку ручної праці при навантаженні-розвантаженні і скоротивши при цьому число зайнятих людей і одиниць техніки. Кран-маніпулятор на вантажному шасі автомобіля є високоекономічною альтернативою самохідним кранам, що дорого коштують. Його водій одночасно виконує функції кранівника і такелажника. З транспортного процесу звільняються не тільки люди, але і енергоємна, дорога техніка.



Рис. 1. Автомобіль бортовий IVECO EURO-CARGO 140MLL E21 с краном-маніпулятором Ferrari 714A2

Fig. 1. Vehicle chassis IVECO EURO-CARGO 140MLL E21 with truck mounted crane Ferrari 714A2

Спектр використання кранів-маніпуляторів досить широкий. Великий вибір навісного обладнання робить можливою роботу з будь-яким видом вантажу

– будівельними конструкціями, сипучими матеріалами, колодами, сміттям, металобрухтом, бордюром каменем та ін. Найбільш широке застосування кранів-маніпуляторів на базі вантажних автомобільних платформ знаходять в сфері складського, комунального господарства, будівництва, при влаштуванні доріг, в області експлуатації евакуаторної техніки. Особливу групу допоміжного обладнання складають навісні механізми, часто використовувані в будівництві: бурове устаткування, піднімальний кошик (люлька) та ін. За кордоном кожна п'ята вантажівка оснащується гідроманіпулятором. Основним вирішальним чинником у використанні гідравлічних кранів-маніпуляторів стала економічна доціль-

ність їхнього застосування на транспортних засобах. При заявленому виробником терміні служби 10...15 років окупність кранів-маніпуляторів досягається за перші 6...9 місяців роботи.

Ідея поєднання навантажувального механізму з транспортним засобом з'явилася набагато раніше навіть винаходу парового двигуна, не то що двигуна внутрішнього згоряння. Перші крани, суміщені з бортовою машиною, не мали гідроприводу. Вони виконували ту саму просту задачу, яка і сьогодні вважається основною перевагою КМУ, а саме обійтися одним транспортним засобом для навантаження-розвантаження та для перевезення вантажів. Принцип їхньої конструкції і виконувані функції зберегли сьогоднішні L-подібні маніпулятори. Їхня стріла складається з двох секцій: вертикальної опорно-поворотної і з'єднаної з нею рухомою основною телескопічної стріли, що складається з відносно великого числа коротких секцій для досягання невеликих розмірів у транспортному положенні. Це принципово і відрізняє такий тип КМУ від автокранів взагалі. Тобто L-подібна установка це автокран в мініатюрі: та сама канатна підвіска гака, та ж здатність опускати вантаж нижче рівня стояння і відсутність можливості подавати вантаж в прорізи будівель, що будуються. Замислена як засіб, що полегшує навантаження-розвантаження та дає можливість обійтися без автокрана або навантажувача, така установка стала зростати відповідно застосовуваним шасі: підвищувалася її вантажопідйомність, збільшувалася довжина вильоту гака. Скупувати європейці так часто стали використовувати крани-маніпулятори в будівництві, що пішли розмови про те, ніби КМУ не рівна година витіснять автокрани з будмайданчиків. У техніці пошук універсального транспортного засобу ніколи не припиняється, як, втім, і «вічного» двигуна. Але два в одному не може існувати з однаковою ефективністю в реальності. Стосовно до вантажопіднімальної техніки треба зауважити, що переваги автокрана - в противагах, повному опорному контурі і повноповоротній стрілі. Так ось, кран-маніпулятор будь-якого виробника порівняно з автокра-

ном будує абияк і у порівнянні зі звичайною бортовою вантажівкою перевозить на третину менше, та стріла ще й зменшує корисне місце. КМУ L-подібної форми в складеному стані нависають своєю телескопічною стрілою або над вантажем, або над кабіною (другий варіант, між іншим, теж не самий приємний, особливо якщо кабіна безкапотного компонування). Так що, автомобіль з КМУ це не чудо-робот-трансформер, а компромісний транспортний засіб, ефективний не сам по собі, а лише при умілому його застосуванні.

Однак, обмежене використання КМУ лише для навантаження-розвантаження «самого себе» завжди бентежило конструкторів. Додатковий гідравлічний контур на телескопічній стрілі збільшив можливості застосування кранових маніпуляторів. Для КМУ L-типу, наприклад, великого поширення набула навіска-бур. В такому разі один автомобіль сам завантажує палі, привозить їх, розвантажує, бурить під них свердловини і сам встановлює на місце. Порівняно з буровими ямокопачами на основі тракторів типу МТЗ автомобільне шасі дозволяє швидше пересуватися по дорогах, а менша прохідність – компенсується довжиною.

Пошуки нових сфер застосування КМУ та прагнення досягти більш компактних розмірів в транспортному положенні привели до відмови від канатної підвіски гака і появи ще одного коліна (секції) в стрілі. Маніпулятор, таким чином, отримав можливість складатися П-подібно. Так, щоб опустити вантаж на землю безпосередньо близько від машини, не треба піднімати стрілу максимально вгору і стравлювати канат. Відсутність каната не тільки спростило керування, але і дозволило неймовірно розширити сферу використання КМУ залежно від застосовуваних замість гака навісок. Крім бура це щелепні захвати, пелюсткові і ковшові грейфери, захвати для контейнерів селективного збору відходів, рамки для автоевакуаторів, вилкові підхвати і робочі платформи - люльки. А сам гак, крім навантаження будівельних конструкцій на бортові вантажівки, знайшов ще одне застосування, яке стає у нагоді для комуна-

льних підприємств: збір побутових відходів з контейнерів заглибленого типу.

Перераховані типи навісного обладнання вимагають додаткової гідрофікації оголовка стріли крана-маніпулятора. Крім того, є навісне обладнання, яке не вимагає гідрофікації цього елемента. Зазвичай така навіска призначається для полегшення і прискорення робіт з вантажами певного типу. Наприклад, для підйому і переміщення бордюрного каменю випускаються спеціальні механічні захвати. Ця навіска елементарно чіпляється на гак КМУ та суттєво підвищує ефективність роботи з даним видом вантажу.

Для будівельників є зручним захват для піддонів з цеглою, який безперешкодно дозволить вивантажувати і завантажувати піддони з бортової платформи автомобіля і подавати на необхідну відстань. Залишається тільки правильно підібрати виліт стріли крана-маніпулятора. Також для будівельників корисним є оснащення крана гуськом - додатковою секцією, яка розташовується на оголовку основної стріли крана, у деяких виробників вона, як і основна, телескопічна. З її допомогою кран-маніпулятор здобуває ще одне «коліно», а, відповідно, дозволяє подавати вантажі в такі обмежені простори, в яких кран зі звичайною стрілою працювати не в змозі. Більш того, кран, оснащений гуськом, має значно більший виліт гака. Так, наприклад, новітній кран НІАВ 622Е-8 HiPro (Швеція), оснащений гуськом моделі 150Х-6, має максимальний виліт гака більше 32 м.

Як результат, КМУ великої вантажопідйомності широко застосовують у будівництві. На початковому етапі будівництва КМУ використовують для навантаження будівельних матеріалів із заводів залізобетонних виробів або з промислових оптових баз. На етапі зведення будівлі за допомогою КМУ проводять монтажні роботи - встановлюють фундаментні блоки, стінові панелі, дерев'яні та металеві конструкції. Нарешті, КМУ успішно використовують для монтажу і ремонту покрівлі.

Ківшова навіска, звичайно, не перетворює автомобіль з КМУ в аналог екскаватора, годиться вона лише для насипних мате-

ріалів, тому замінює швидше ківшевий навантажувач. Уявити, що самонавантаження піску в 16-кубовий кузов великого самоскида може бути вигідним, досить складно. Інший напрямок, де ковші з КМУ будуть маніпулятором з ківшовою навіскою будуть до речі.

Кран-маніпулятор можна навіть перетворити в повноцінну підйомну вишку, обладнавши його люлькою. Ця можливість дуже зручна під час установа ліхтарних стовпів, коли одна бригада, використовуючи лише одну машину, може здійснити буріння і установку стовпа, а потім, піднявшись на люльці, налагодити електрику.

Більший радіус дії надає Z-подібне складання секцій КМУ. У складеному положенні такий маніпулятор вже частково скидається на трансформер - він абсолютно «байдужий» до того, якої висоти буде кузов або вантаж. Якщо ж плити або контейнери підвішувати на канатах достатньої довжини, то і за такої конструкції маніпулятора можна буде їх опускати нижче рівня, ніж стоїть шасі.



Рис. 2. Кран-маніпулятор АК-620.3 німецького виробника ATLAS Maschinen

Fig. 2. Truck crane-manipulator AK-620.3 German manufacturer ATLAS Maschinen

Прикладом такого крана може служити одна з останніх розробок німецького виробника ATLAS Maschinen, який представляє мод. АК-620.3 (рис. 2) Z-подібного складання з можливістю встановлення додаткового гуська. Вантажний момент крана становить 620 кН·м: комплектація включає в себе до 9 варіантів розширення головної стріли і до 6 секцій розширення додаткового гуська, що дозволяє працювати на висоті до 35 м, а відхилення основної стріли на

затребувані, - перевезення сипучих вантажів у важкопрохідній місцевості. Там типові тривісні всюдиходи: КрАЗ, ЗІЛ-131, «Урал» з самоскидним бортовим кузовом і

15° і додаткового гуська на 25° забезпечують КМУ додаткову маневреність і розширюють робочу зону.

Можлива установка додаткових канатних лебідок і використання гакової канатної підвіски. Передбачена можливість застосування різного гідравлічного інструменту замість гака. Стандартні гідравлічні аутригери здатні розсуватися на ширину 8,6м, що забезпечує надійну стабілізацію КМУ, встановлену навіть на легких автомобілях, а поворотні стабілізатори (опори) дозволяють працювати в умовах обмеженого простору.

В подальшому – додаткові блоки, тросові лебідки ... Гігантomanія призвела до очікуваного результату: з'явилися КМУ на спеціальних шасі, з противагами, повноповоротні і з серйозними аутригерами, максимальною вантажопідйомністю 150 тонн, з вантажним моментом 450 тс·м і максимальним вильотом гака 48 метрів. І тільки фахівець розбереться, що це не автокран, а самий справжній кран-маніпулятор.



Рис.3. Вантажне шасі з гаковою системою «мультиліфт»

Fig. 3. Cargo Hook chassis system "multilift"

Однак, у всього цього широкого ряду можливостей є і зворотна сторона - висока спеціалізація. Тобто, якщо збирати брукт або возити машини на штраф-стоянки - так тільки це. Прив'язка до конкретного шасі теж накладає обмеження на сфери застосування машини. Втім, виручити може все

той же «мультиліфт» – система гакового захвату (гаковий навантажувач, рис. 3), яка обладнується на вантажному шасі. Якщо немає можливості купувати кран-маніпулятор з обмеженими можливостями використання, є спосіб придбати шасі з гаковою системою МПП (Росія) або з іншими (НІАВ, VDL, Нууа і т.п.), а кузов і КМУ - вже у вигляді змінного устаткування до нього.

І ще важливе питання, яке необхідно вирішити, це місце встановлення крана-маніпулятора на вантажному шасі. Цілком типово і найбільш часто зустрічається розташування між кабіною і бортовою платформою. Проте, працюючи з вітчизняними вантажівками, може виникнути така проблема, як перевантаження передньої вісі автомобіля у разі максимального навантаження. Особливо це актуально у випадках, коли КМУ встановлена на довгобазовому шасі. В цьому разі, така проблема вирішується досить просто – встановлення другої керованої передньої вісі. Складність в тому, що для наших перевізників такі шасі недоступні із-за їхньої високої ціни і дорогого обслуговування. У Китаї часто застосовують «трюхвісники навпаки» у яких одна задня вісь з двосхилими колесами і дві передні з односхилими. За такої колісної формули розвантаження по осях ідеальне, але у нас такі шасі навіть не випускають. В Азії, застосовують і більш просте рішення проблеми перевантаження передньої вісі при встановленні КМУ за кабіною - величезний задній звис наполовину, а то й більше довжини платформи. Цей варіант знову-таки не узгоджується з нашими традиціями. Складно уявити КраЗ із заднім звисом 4 м, краще вже встановити КМУ на сидельний тягач, тоді і передня вісь завжди буде менше навантажена і вантаж можна брати максимальної довжини та із безпекою при маневруванні питань не виникне. Тому, не варто відкидати варіант монтажу КМУ біля заднього борту. Така установка не дозволить перевантажити передню вісь, працювати можна буде за повним колом, бо в цьому разі важка кабіна буде додатковою противагою. Ще один плюс від «задньої»

установки - можливість завантажувати при необхідності ще й причіп.

Для машин великої вантажопідйомності можуть бути цікаві й варіанти установки КМУ безпосередньо на причепи та напівпричепи: ближче до заднього борту на напівпричепі і, навпаки, спереду на причепі. За допомогою такого «кран-причепа» підприємство може розширити свої можливості, не змінюючи чинного рухомого складу. Так, маючи в своєму розпорядженні звичайний бортовий автомобіль без КМУ, додавши до нього такий причіп, можна отримати зчеплення з краном-маніпулятором і підвищити ефективність свого автопарку.

У пристрій всіх КМУ входять телескопічні стріли коробчатого перетину. Короба окремих секцій всуваються один в одного за принципом телескопа. У конструкції КМУ гратчасті конструкції стріл практично не використовуються. Справа в тому, що при гратчастій будові стріли великий прогин при роботі з вантажем вкрай небезпечний, з великою ймовірністю можуть бути пошкоджені частини конструкції. Для балок ж коробчатого профілю прогин практично безпечний, і його величина обмежується лише міркуваннями експлуатаційного характеру.

У конструкціях КМУ сьогодні можна зустріти безліч різновидів перетинів стріл. Треба відзначити, що для принципового поліпшення експлуатаційних показників конструктори КМУ пішли по шляху збільшення кількості граней у перетині короба. Дослідження в області кранових стріл показали, що, чим більше граней у профілі, тим ефективніше розподіляється навантаження по перерізу. Оптимальною відповідно принципу «експлуатаційні властивості/ціна» фахівці вважають стрілу з 6-гранним перетином. Профілі прямокутного перерізу зараз застосовуються тільки в маніпуляторах невеликої вантажопідйомності. Прямокутний перетин в окремих випадках замінюється трапецієподібним. Іноді широким робиться нижній пояс перетину, секції з такими профілями утворюють масивні і відносно короткі телескопічні стріли. В іншому варіанті 4-гранного профілю широким роблять верхній пояс перетину, і тов-

щину цієї полиці істотно підсилюють. Вважається, що такий профіль значно знижує небезпеку викривлення при значному згинальному навантаженні.

Спочатку в КМУ застосовувалися вертикальні опори, які в транспортному положенні погіршували прохідність автомобіля і могли отримати пошкодження при русі по бездоріжжю. Тому виробниками КМУ були розроблені поворотні опори, які при переводі в транспортне положення перевертаються вертикально вгору. Причому поворот виконується як механічно, так і за допомогою гідравлічного механізму. До достоїнств такого рішення можна віднести і те, що при монтажі КМУ на шасі не треба зрушувати або замінювати паливні баки на короткі, переміщувати ресивери та інші деталі шасі у зоні розміщення опор. Гідравлічний механізм декілька здорожує КМУ, а на КМУ з механічним поворотом опор ціна залишається колишньою.

Сучасні КМУ все більш насичують електронікою і в них передбачають дистанційне керування операціями. Так в одній з відомих марок КМУ в СНД Unic, яка належить японській компанії Furukawa, застосовується електронна система запобігання перевантаження - датчик довжини телескопування стріли, датчик кута нахилу стріли, тензодатчик в оголовку стріли і кінцевий вимикач. Електроніка точно визначає масу вантажу, що піднімається і не дає можливості перевищити вантажопідйомність установки. Іншими виробниками передбачаються електронні системи контролю стійкості або динамічної системи стабілізації базового транспортного засобу, усунення ривків кранової стріли, прискорення телескопування її секцій, контролю навантаження, що дозволяє збільшити вантажопідйомність кранової установки на 10% та ін.

Дистанційне керування операціями КМУ ще недавно являло собою виносний пульт, пов'язаний багатожильним кабелем з електронними блоками, оснащеними реле управління. Ці електронні блоки передають команду від пульта до виконавчих органів КМУ. Таке керування застосовують і сьогодні, але постійно є ризик обриву кабелю,

і оператор хоча і відчуває себе більш вільно, ніж в кабіні, все ж обмежений у діях.

Останнім часом бездротові пристрої зв'язку завзято витісняють дротовий зв'язок. Це пов'язано, в першу чергу, з постійним зниженням вартості радіочастотних компонентів - радіотрансмітерів, антен та ін. У той же час зростає вартість матеріалів для дротового зв'язку. Зараз спостерігається бум бездротових технологій. Бездротовий зв'язок впроваджують там, де потрібний локальний зв'язок на відстані від одиниць до сотень метрів. Навіть на близькій відстані вартість прокладки і монтажу кабелю, ціна роз'ємів і корпусів з'єднань може сумарно виявитися вищою, ніж при використанні інтегрального приймально-передавального пристрою.

Крім того, у цих пристроях багато виробників застосовують так звані «чорний ящик», в якому «осідає» інформація про навантаження і параметри експлуатаційних режимів.

Підвищений інтерес до кранів-маніпуляторів на Заході стимулює виробників цієї техніки створювати нові моделі.



Рис. 4. Кран-маніпулятор Effer 1750/L/8S
Fig. 4. Truck mounted crane Effer 1750/L/8S

За останні роки з'явилося чимало вартих уваги новинок. Так, італійська компанія Effer демонструє, в основному, «важку артилерію». До цієї умовної категорії відноситься гідравлічний маніпулятор з дистанційним керуванням 1750.6S (рис.4) вантажопідйомністю 38 т, максимальна висота підйому вантажу 31 м вгору і винос 15 м по горизонталі. Телескопічна частина стріли складається з шести секцій.

Найпотужніша модель цього виробника, яку можна встановлювати на тривісні вантажівки це 850.8S. Вона здатна підняти

вантаж масою 24 т на висоту 29 м і, на відміну від інших моделей, пересуватися з автомобілем в розгорнутому вигляді навіть за наявності вантажу. Її основна стріла може обертатися навколо осі без обмежень і оснащена висувною стрілою з вісьмома секціями.

Італійська компанія Autogru PM демонструвала нову модель крана-маніпулятора PM 80 SP (рис.5), підйомний момент якого становить 80 тс·м. На цій моделі автоматизовано багато різних функцій, наприклад система послідовного контролю подовження стріли. Нова електронна система Digitek не тільки відслідковує масу вантажу, але і його переміщення, а також ретельно записує всі дії оператора.



Рис. 5. Кран-маніпулятор PM 80 SP

Fig. 5. Truck mounted crane PM 80 SP

ВИСНОВКИ

Таким чином, краноманіпуляторні установки пройшли трансформацію від L-подібних до П-подібних, а потім до Z-подібних з можливістю установки додаткових канатних лебідок і використанням гакової канатної підвіски, що дозволило збільшити їхній радіус дії та розширити область застосування. Продовжується тенденція зростання універсальності КМУ, тобто збільшення переліку робочих операцій, які вони можуть виконувати за рахунок використання швидкозмінного робочого обладнання та заміни кузовів базових шасі. Збільшується надійність використання КМУ за рахунок застосування в них прогресивних конструкційних матеріалів, поліпшення та автоматиза-

ції систем контролю експлуатації, стану, стійкості та безпеки. Зменшується їхня маса за такої ж вантажопідйомності. Сучасні КМУ все більше насичують електронікою, дистанційне дротове керування замінюється на бездротове.

Перспективними напрямками розвитку КМУ є впровадження в них автоматизованих інтелектуальних систем керування операціями, підвищення універсальності їхнього використання, поліпшення умов роботи операторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Варьвдин И.** Кому КМУ? Автомобильные гидравлические краноманипуляторные установки // Основные средства.– 2012.– №5.
2. **Варьвдин И.** Мастера-универсалы. Автомобильные гидравлические краноманипуляторные установки // Основные средства.– 2012.– №6.
3. **Романов В.** Альтернатива подъемному крану // Основные средства.– 2004.– №11.
4. **Романов В.** Экономичная альтернатива автокранам // Основные средства. 2005. №6.
5. **Протасов Н.** Стрела – исполнительный элемент КМУ // Основные средства.–2013.– №3.
6. **Протасов Н.** Гидроманипуляторы. За беспроводным управлением будущее! // Основные средства.– 2010.– №9.

REFERENCES

1. **Varyvдин I., 2012.** Кому КМУ? Avtomobil'nye gidravlicheskie kranomanipulyatornye ustanovki [Who CMU? Vehicle hydraulic installation kranomanipulyatornye]. Osnovnye sredstva [Basic means] no. 5.
2. **Varyvдин I., 2012.** Mastera-universaly. Avtomobil'nye gidravlicheskie kranomanipulyatornye ustanovki [Masters-rounders. Hydraulic truck installations cranimanipulator]. Basic means, no. 6.
3. **Romanov V., 2004.** Al'ternativa podemnomu kranu [An alternative to the crane]. Osnovnye sredstva [Basic means] no. 11.
4. **Romanov V., 2005.** Jekonomichnaja al'ternativa avtokranam [An economical alternative to truck cranes]. Basic means, no. 6.
5. **Protasov N., 2013.** Strela – ispolnitel'nyj jelement KMU [Strela - the executive element of the CMU]. Basic means, no. 3.
6. **Protasov N., 2010.** Gidromanipulyatory. Za besprovodnym upravleniem budushhee! [Hydraulic manipulators. For wireless management the future!]. Basic means, no. 9.