

УДК 624.2/8:69.058.2:681.786

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2021.95.0.26

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗБІЛЬШЕННЯ ПЛОЩІ ОПОРНОЇ ПОВЕРХНІ ПІСЛЯ РОЗГОРТАННЯ МОБІЛЬНОГО ПІДЙОМНИКА

Кириченко І. Г.¹, Рєзніков О. О.¹, Рукавишніков Ю. В.¹, Книщенко А. О.¹,
¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Представлено закономірності формування площі опорної поверхні для найбільш поширених опорних пристроїв мобільних підйомників та визначено коефіцієнт збільшення площі опорної поверхні після розгортання опорного пристрою. В результаті отримано залежності коефіцієнта збільшення площі опорної поверхні після розгортання опорного пристрою від довжини виходу опори для різних конструкцій опорних пристроїв, що використовуються в мобільних підйомниках з робочими платформами (МПРП).

Ключові слова: мобільний підйомник, опорна поверхня, опорний пристрій, площа, коефіцієнт.

Вступ

МПРП набули широкого застосування у багатьох сферах діяльності людини – це пояснюється їхньою універсальністю, мобільністю, великим спектром конструкцій. Номенклатура МПРП дуже різноманітна, відповідно існує велика кількість опорних пристроїв для забезпечення достатньої стійкості машини. При цьому слід зазначити, що тип опорного пристрою обирається в залежності від експлуатаційних показників підйомника, таких як висота підйому та горизонтальний виліт робочої платформи.

Аналіз публікацій

Конструктивні особливості та призначення опорних пристроїв вантажних кранів та МПРП детально розглянуті в роботах [1–3]. Дослідженню опорних пристроїв МПРП присвячено велику кількість робіт, спрямованих на розгляд гідравлічного привода [4–5], визначення реакцій на опорах МПРП [6–7] та забезпечення достатньої стійкості підйомно-транспортних машин [8–10]. Більшість відомих робіт висвітлюють конкретні конструктивні рішення опорних пристроїв, що не відображає загального тренду розвитку.

Мета і постановка завдання

Мета роботи полягає у проведенні аналізу впливу виносу опорного пристрою на коефіцієнт збільшення площі опорної поверхні. Відповідно до поставленої мети роботи були визначені завдання дослідження: провести аналіз існуючих конструкцій опорних пристроїв МПРП та розробити методику визначення коефіцієнта збільшення площі опорної поверхні. На основі отриманих даних побудувати залежності коефіцієнта збільшення площі опорної поверхні мобільного підйом-

ника після розгортання опорного пристрою від довжини виходу опори.

Рішення проблеми

Опорна площа МПРП залежить від параметрів опорного пристрою. Розглянемо закономірності формування площі опорної поверхні для найбільш поширених опорних пристроїв МПРП та визначимо коефіцієнт збільшення площі опорної поверхні після розгортання опорного пристрою k_3 .

Відповідно до схеми опорного пристрою, що наведена на рис. 1, площа опорної поверхні залежить виключно від параметрів рами базового шасі, до якої кріпиться опорний пристрій, відповідно у даному випадку $k_3=1$.

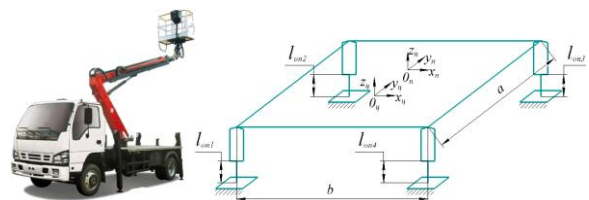


Рис. 1. Опорний пристрій МПРП контурного типу

Коефіцієнт збільшення площі опорної поверхні після розгортання опорного пристрою, наведеного на рис. 2, буде визначатися за залежністю:

$$k_3 = \frac{S_{\text{о.п.}}}{S_{\text{б.м.}}}, \quad (1)$$

де $S_{\text{о.п.}}$ – площа опорної поверхні; $S_{\text{б.м.}}$ – площа базової машини.

Площа базової машини визначається:

$$S_{\text{б.м.}} = a \cdot b, \quad (2)$$

де a та b – ширина та довжина рами базового шасі відповідно.

Площа опорної поверхні:

$$S_{o.п.} = a' \cdot b, \quad (3)$$

де a' – ширина опорної поверхні після розгортання опорного пристрою.

Ширина опорної поверхні після розгортання опорного пристрою дорівнюватиме:

$$a' = a + 2\Delta a, \quad (4)$$

де Δa – приріст до ширини рами базового шасі після розгортання опорного пристрою.

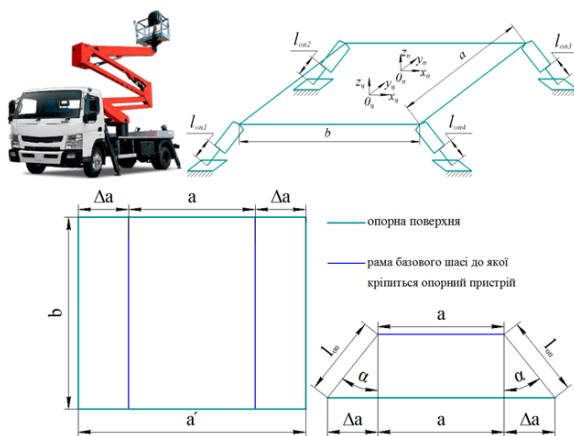


Рис. 2. Схема для визначення площі опорного пристрою з кутовими опорами

Приріст до ширини рами базового шасі після розгортання опорного пристрою залежить від довжини виходу опорного пристрою lon :

$$\Delta a = lon \sin(\alpha). \quad (5)$$

Після проведення усіх перетворень отримаємо кінцевий вираз для визначення коефіцієнта збільшення площі опорної поверхні після розгортання опорного пристрою:

$$k_3 = \frac{S_{o.п.}}{S_{б.м.}} = \frac{a' \cdot b}{a \cdot b} = \frac{(a + 2\Delta a) \cdot b}{a \cdot b} = \frac{(a + 2lon \sin(\alpha)) \cdot b}{a \cdot b} = 1 + \frac{2lon \sin(\alpha)}{a} \quad (6)$$

Площа опорної поверхні опорного пристрою, наведеного на рис. 3, визначається відповідно до спрощеної схеми, наведеної на рис. 3.

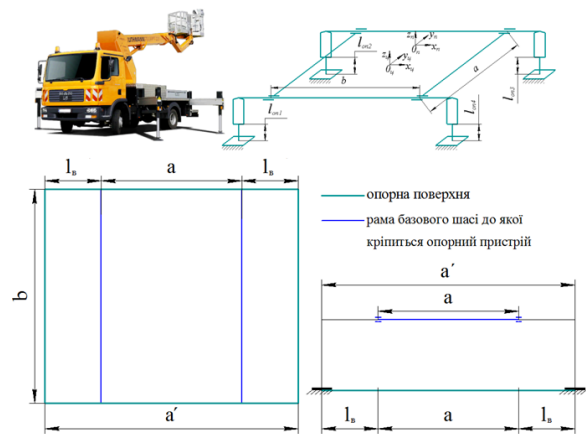


Рис. 3. Схема для визначення площі опорного пристрою з виносними опорами

Кінцевий вираз для визначення коефіцієнта збільшення площі опорної поверхні після розгортання опорного пристрою виражається наступною залежністю:

$$k_3 = \frac{S_{o.п.}}{S_{б.м.}} = \frac{a' \cdot b}{a \cdot b} = \frac{(a + 2l_B) \cdot b}{a \cdot b} = 1 + 2 \frac{l_B}{a}, \quad (7)$$

де l_B – довжина вносу опорного пристрою.

Для визначення коефіцієнта збільшення площі опорної поверхні після розгортання опорного пристрою, наведеного на рис. 4, розглянемо спрощену схему.

Коефіцієнт збільшення у даному випадку після розгортання опорного пристрою буде визначатись за залежністю:

$$k_3 = \frac{S_{o.п.}}{S_{б.м.}}, \quad (8)$$

де $S_{o.п.}$ – площа опорної поверхні; $S_{б.м.}$ – площа базової машини.

Площа базової машини визначається:

$$S_{б.м.} = a \cdot b, \quad (9)$$

де a та b – ширина та довжина рами базового шасі відповідно.

Площа опорної поверхні:

$$S_{o.п.} = a' \cdot b', \quad (10)$$

де a' та b' – ширина та довжина опорної поверхні після розгортання опорного пристрою відповідно.

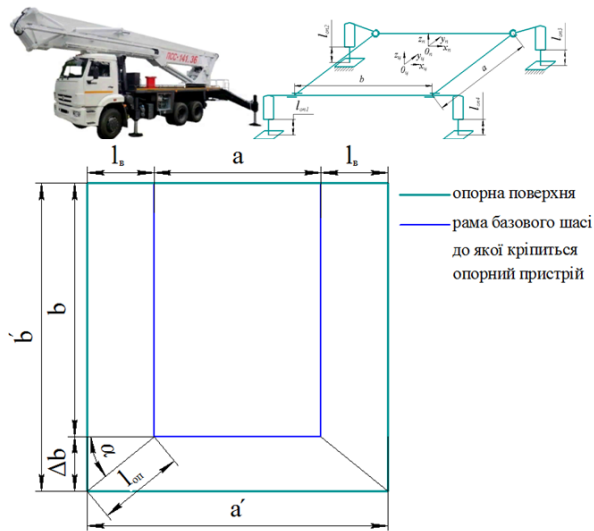


Рис. 4. Схема для визначення площі опорної поверхні пристрою комбінованого типу

Ширина опорної поверхні після розгортання опорного пристрою буде рівною:

$$a' = a + 2l_{\text{в}}, \quad (11)$$

де $l_{\text{в}}$ – довжина виносу опорного пристрою.

Довжина опорної поверхні після розгортання опорного пристрою визначається наступним чином:

$$b' = b + \Delta b, \quad (12)$$

де Δb – приріст до довжини рами базового шасі після розгортання опорного пристрою.

Приріст до довжини рами базового шасі після розгортання опорного пристрою:

$$\Delta b = l_{\text{оп}} \sin(\alpha), \quad (13)$$

де $l_{\text{оп}}$ – довжина виходу опорного пристрою.

Після проведення усіх перетворень отримаємо кінцевий вираз для визначення коефіцієнта збільшення площі опорної поверхні після розгортання опорного пристрою:

$$\begin{aligned} k_3 &= \frac{S_{\text{о.п.}}}{S_{\text{б.м.}}} = \frac{a' \cdot b'}{a \cdot b} = \frac{(a + 2l_{\text{в}}) \cdot (b + l_{\text{оп}} \sin(\alpha))}{a \cdot b} = \\ &= \frac{ab + al_{\text{оп}} \sin(\alpha) + 2bl_{\text{в}} + 2l_{\text{в}}l_{\text{оп}} \sin(\alpha)}{a \cdot b} = \\ &= 1 + \frac{al_{\text{оп}} \sin(\alpha) + 2bl_{\text{в}} + 2l_{\text{в}}l_{\text{оп}} \sin(\alpha)}{a \cdot b}. \end{aligned} \quad (14)$$

Для визначення коефіцієнта збільшення площі опорної поверхні після розгортання опорних пристроїв типу «Павук» розглянемо

спрощену схему розрахунку площі опорної поверхні (рис. 5).

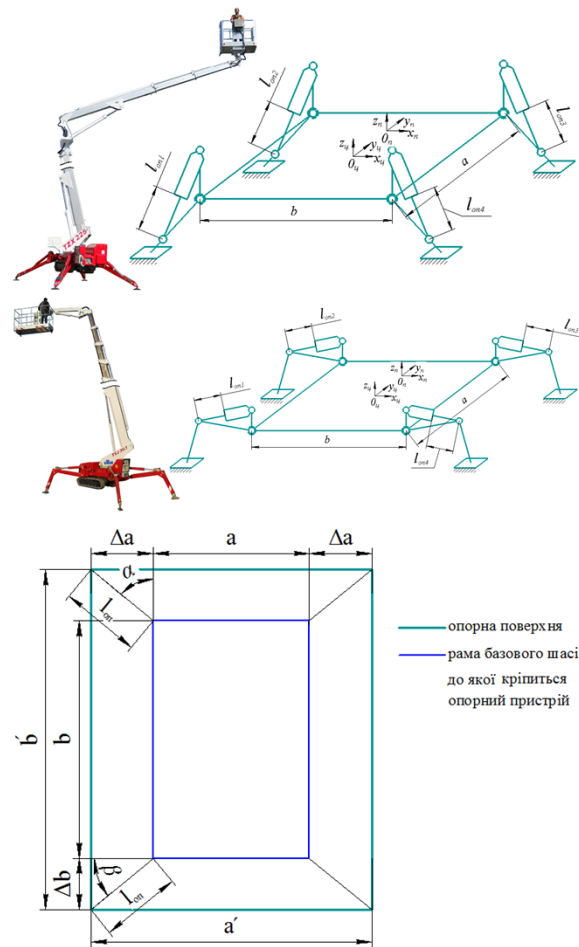


Рис. 5. Схема для визначення площі опорної поверхні пристрою типу «Павук»

Коефіцієнт збільшення площі опорної поверхні після розгортання опорного пристрою k_3 буде визначатись за залежністю:

$$k_3 = \frac{S_{\text{о.п.}}}{S_{\text{б.м.}}}, \quad (15)$$

де $S_{\text{о.п.}}$ – площа опорної поверхні; $S_{\text{б.м.}}$ – площа базової машини.

Площа базової машини визначається:

$$S_{\text{б.м.}} = a \cdot b, \quad (16)$$

де a та b – ширина та довжина рами базового шасі відповідно.

Площа опорної поверхні:

$$S_{\text{о.п.}} = a' \cdot b' \quad (17)$$

де a' – ширина опорної поверхні після розгортання опорного пристрою;

b' – довжина опорної поверхні після розгортання опорного пристрою.

Ширина опорної поверхні після розгортання опорного пристрою дорівнюватиме:

$$a' = a + 2\Delta a, \quad (18)$$

де Δa – приріст до ширини рами базового шасі після розгортання опорного пристрою.

Довжина опорної поверхні після розгортання опорного пристрою буде рівна:

$$b' = b + 2\Delta b, \quad (19)$$

де Δb – приріст до довжини рами базового шасі після розгортання опорного пристрою.

Приріст до ширини та довжини рами базового шасі після розгортання опорного пристрою залежить від довжини виходу опорного пристрою $l_{оп}$ та кута виносу опор:

$$\Delta a = l_{оп} \sin(\alpha) \quad (20)$$

$$\Delta b = l_{оп} \sin(\beta). \quad (21)$$

Після проведення усіх перетворень отримаємо кінцевий вираз для визначення коефіцієнта збільшення площі опорної поверхні після розгортання опорного пристрою:

$$k_3 = \frac{S_{о.п.}}{S_{б.м.}} = \frac{a' \cdot b'}{a \cdot b} = \frac{(a + 2\Delta a) \cdot (b + 2\Delta b)}{a \cdot b} \quad (22)$$

За умови рівності кутів виносу опор $\alpha = \beta = \gamma$:

$$k_3 = 1 + \frac{2l_{оп} \sin(\gamma)(a+b+2l_{оп} \sin(\gamma))}{a \cdot b} \quad (23)$$

Моделювання отриманих залежностей коефіцієнта збільшення площі опорної поверхні після розгортання опорного пристрою від довжини виходу опори наведено на рис. 6.

У результаті аналізу залежностей коефіцієнта збільшення площі опорної поверхні після розгортання опорного пристрою від довжини виходу опори можна стверджувати, що для опорних пристроїв МПРП контурного типу та з механізмом регулювання бази машини $k_3 = \text{const} = 1$. Використання опорних пристроїв, що наведені на рис. 2–5, призводить до зростання коефіцієнта збільшення площі опорної поверхні від 1,9 для опорних пристроїв з кутовими опорами до 3,4 для опорних пристроїв типу «Павук».

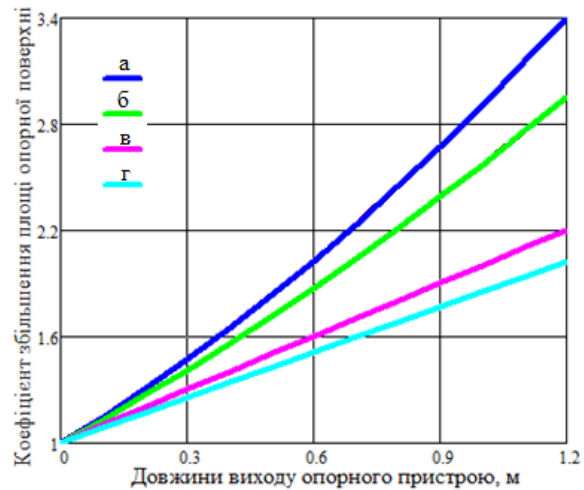


Рис. 6. Залежність коефіцієнта збільшення площі опорної поверхні після розгортання опорного пристрою від довжини виходу опори: а – для опорного пристрою типу «Павук»; б – для опорного пристрою комбінованого типу; в – для опорного пристрою з виносними опорами; г – для опорного пристрою з кутовими опорами

Висновки

1. Опорні пристрої МПРП є аналогічними тим, що використовуються у конструкціях мобільних кранів.

2. Використання опорних пристроїв з виносними опорами є більш ефективним, але за рахунок компактності опорні пристрої з кутовими опорами більш доцільно використовувати у стиснених та міських умовах.

3. Для опорних пристроїв МПРП контурного типу коефіцієнт збільшення площі опорної поверхні $k_3 = \text{const} = 1$. Використання інших опорних пристроїв, що розглядалися, призводить до зростання коефіцієнта збільшення площі опорної поверхні від 1,9 для опорних пристроїв з кутовими опорами, до 3,4 для опорних пристроїв типу «Павук».

Література

1. Гудков Ю.И. Автомобильные подъемники и вышки / Ю.И. Гудков, Н.П. Сытник. – К. : Основа, 2004. – 208 с.
2. Невзоров Л.А. Краны башенные и автомобильные / Л.А.Невзоров, М.Д.Полосин. – 2-е изд., стер.-М.: Академия, 2007. – 416 с.
3. Епифанов С.П. Краны стреловые пневмоколесные и гусеничные / С.П. Епифанов, В.И. Поляков. – М.: Высш. школа, 1979. – 168 с.
4. Кириченко И.Г. Объёмный гидропривод в мобильных подъемниках с рабочими платформами : монография / И.Г. Кириченко, Г.А. Ав-

- рунин, В.Б. Самородов, А.В. Ярышко. – Харьков : ХНАДУ, 2018. – 295 с.
5. Попиков П.И. Математическое моделирование процессов в системе гидропривода лесных манипуляторов / [П.И. Попиков, П.И. Титов, А.А. Сидоров и др.] // Научный журнал КубГАУ. – 2011. – № 69(5) – С. 1–11.
 6. Krupko I., Ivanenko O., Yermakova S. Substantive provisions of improvement of methods of calculation of loads on carrying and propelling devices of lifting and transport machines / Norwegian Journal of development of the International Science. - VOL.1 - №57/2021. - p. 54-59. ISSN 3453-9875. DOI: 10.24412/3453-9875-2021-57-1-54-59.
 7. Іваненко О.І., Крупко І.В., Єрмакова С.О. Теоретичні дослідження стійкості баштового крану з рахуванням розподілу навантажень на опори / Одеський національний політехнічний університет, Підйомно-транспортна академія наук України // Підйомно-транспортна техніка. 3 (64) – м. Одеса – 2020. – С.81–95.
 8. Михеев, В.А. Анализ причин аварий башенного строительного крана БК-1000 / В.А. Михеев, В.Т. Власов // Захист металургійних машин від поломок: зб. Наукових праць / ПДТУ. – Маріуполь, 2008. – Вип. 10.
 9. Арискин, М.В. Анализ причин падения башенного крана на основе построения модели в SCAD 11.5 / М.В. Арискин, И.Н. Гарькин // Фундаментальные исследования. Научно-технический та виробничий журнал. – Пенза: ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», 2016. – Вип. №10 (2).
 10. Crane safety. Ж. «Cranes Today», 1984/1985, Dec. Jan. c. 20.
- International Science. - VOL.1 - №57/2021. - p. 54-59. ISSN 3453-9875. DOI: 10.24412/3453-9875-2021-57-1-54-59.
7. Ivanenko O.I., Krupko I.V., Yermakova S.O. Theoretical researches of stability of the tower crane with calculation of distribution of loadings on support / Odessa national polytechnic university, Hoisting-and-transport academy of sciences of Ukraine // Hoisting-and-transport technics. 3 (64) - Odessa - 2020. - p.81-95.
 8. Miheev, V.A. Analysis of the causes of accidents of the mad construction crane BK-1000 / V.A. Михеев, В.Т. Власов // Protection of metallurgical machines from breakdowns: Coll. Scientific works / PDTU. - Mariupol, 2008. - Issue. 10.
 9. Ariskin, M.V. Analysis of the causes of the fall of a mad crane based on the construction of a model in SCAD 11.5 / M.V. Ariskin, I.N. Garkin // Fundamental research. Science and technology and virobnychy magazine. - Penza: Penza State University of Architecture and Construction, 2016. - VIP. No. 10 (2).
 10. Crane safety. Ж. «Cranes Today», 1984/1985, Dec. Jan. c. 20.

Кириченко Ігор Георгійович¹, д.т.н., професор кафедри будівельних і дорожніх машин ім. А.М. Холодова, igk160450@gmail.com, тел.: +38095-890-72-56

Резніков Олександр Олександрович¹, к.т.н., доцент кафедри будівельних і дорожніх машин ім. А.М. Холодова, ssr.sdm@gmail.com, тел.: +38066-657-81-41

Рукавишніков Юрій Васильович¹, доцент кафедри будівельних і дорожніх машин ім. А.М. Холодова, 1962brat@gmail.com, тел.: +38067-304-57-87

Книщенко Антон Олександрович¹, аспірант кафедри будівельних і дорожніх машин ім. А.М. Холодова, knishenko@meta.ua, тел.: +38099-762-59-05

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, Україна, 61002.

References

1. Gudkov Yu.I. Car lifts and towers / Yu.I. Gudkov, N.P. Sytnik. - K.: Osnova, 2004. -- 208 p.
2. Nevzorov L.A. Tower and car cranes / L.A. Nevzorov, M.D. Polosin. - 2nd ed., Ster.-M.: Academy, 2007. - 416 p.
3. Epifanov S.P. Pneumatic and caterpillar boom cranes / S.P. Epifanov, V.I. Polyakov. - M.: Vissh. school, 1979. --168p.
4. Kirichenko I.G. Volumetric hydraulic drive in mobile lifts with working platforms: monograph / I.G. Kirichenko, G.A. Avrunin, V.B. Samorodov, A.V. Yaryzhko. - Kharkiv: KhNADU, 2018. -- 295 p.
5. Popikov P.I. Mathematical modeling of processes in the hydraulic drive system of forest manipulators / [P.I. Popikov, P.I. Titov, A.A. Sidorov and others] // Scientific journal of KubSAU. - 2011. - № 69 (5) - P. 1-11.
6. Krupko I., Ivanenko O., Yermakova S. Substantive provisions of improvement of methods of calculation of loads on carrying and propelling devices of lifting and transport machines / Norwegian Journal of development of the

Studying coefficient of increase of the support surface after deployment of a mobile hoist

Abstract. Problem. Currently, there are about 150 manufacturers of mobile elevating work platforms (MEWP), which are constantly designing and implementing new machines with advanced capabilities. Along with the improvement of hoisting equipment, the support devices of the MEWP are also improved. Therefore, there is a need to investigate the coefficient of increase of the support surface area after the deployment of a mobile hoist for different types of support devices. **Goal.** The aim of this work is to study how the coefficient of increase of the support surface area after the deployment of the support device depends on the length of the support projecting for different designs of support devices

used in MEWP. **Methodology.** Analytical methods of studying the designs with variable geometrical parameters were used in the work. To obtain the dependences of the coefficient of increase of the support surface area after the deployment of the support device on the length of the support projecting, the methods of mathematical modeling employing computer technology were used. **Results.** The analysis of the dependences of the coefficient of the support surface area increase after the deployment of the support device on the length of the support projecting showed that the use of the considered support devices enlarges the coefficient of increase of the support surface area from 1.9 with angular supports to 3.4 for Spider type support devices. **Originality.** It is proposed to consider the coefficient of increase of the support surface area, which enables to take into account the lengths and angles of the supports when determining the support surface area. **Practical value.** With the results of the

study it is possible to choose the type of support device and its geometric parameters at the design stage which will

Igor Kyrychenko¹, DSci (Engineering), Professor Department of build and travelling machines, igk160450@gmail.com, tel.: +38095-890-72-56,

Oleksandr Rieznikov¹, PhD, Assoc. Prof. Department of build and travelling machines, ssr.sdm@gmail.com, тел.: +38066-657-81-41

Yuri Rukavishnikov¹, Assoc. Prof. Department of build and travelling machines, 1962brat@gmail.com, тел.: +38067-304-57-87

Anton Knysenko¹, graduate student Department of build and travelling machines, knysenko@meta.ua тел.: +38099-762-59-05

¹Kharkiv National Automobile and Highway University Yaroslava Mudrogo str., 25, Kharkiv, Ukraine, 61002
