

Експериментальне дослідження коливальних процесів, що відбуваються під час роботи в мобільних підйомниках з робочими платформами

О.О. Рєзніков

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет
(м. Харків, Україна), email: ssr.sdm@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7730-5721*

У статті представлено аналіз результатів експериментального дослідження коливальних процесів, що спостерігаються в мобільних підйомниках з робочими платформами (МПП) під час виконання робочих операцій.

Проведено аналіз основних факторів, що впливають на динамічне навантаження МПП. На підставі проведеного аналізу змінними факторами були обрані геометричні параметри, що характеризують розташування робочої платформи в просторі, та тип робочої операції. За реєстрований параметр було вибрано прискорення в точці кріплення робочої платформи до стріли і в точці зчленування стріли МПП.

Відповідно до розробленої методики проведення експериментів отримано та проведено аналіз результатів вимірювань прискорення в точці кріплення робочої платформи до стріли і в точці зчленування стріли МПП уздовж горизонтальної та вертикальної осей машини.

Аналіз отриманих осцилограм коливальних процесів, що спостерігаються в підйомнику під час виконання робочих операцій, вказує, що найбільші коливання відбуваються в точці кріплення робочої платформи до стріли вздовж вертикальної осі. При цьому слід зазначити, що прискорення в інших точках стріли МПП, у яких фіксувалися експериментальні дані, значно менші за амплітудою коливань. Проведений аналіз динамічних показників роботи машини залежно від типу робочої операції вказує, що амплітуда коливань прискорень під час опускання робочої платформи на 35% більша, ніж під час підйому. Означений факт вказує на те, що процес опускання робочої платформи має більші динамічні показники в порівнянні з підйомом робочої платформи.

Ключові слова: експериментальне дослідження, мобільний підйомник, робоча платформа, коливання, прискорення, динамічне навантаження.

Постановка проблеми. Огляд затребуваних МПП на ринку України і світу показує, що найбільш поширеними є стрілові машини з вантажопідйомністю до 200 кг і висотою підйому до 20 м [1]. Натомість у процесі експлуатації таких підйомників спостерігаються коливальні режими під час роботи машини та після стопоріння робочої платформи. Таке явище є неприпустимим з точки зору охорони праці оператора мобільного підйомника, крім того, цей факт є небажаним, оскільки коливання робочої платформи призводять до появи втомних тріщин у металоконструкції стріли підйомника. Саме тому це питання потребує додаткового теоретичного осмислення та експериментальних досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання теоретичної розробки систем управління рухом робочої платформи гідропідйомників розглянуто в роботах [2-3], крім цього велика кількість досліджень присвячена вивченню процесів, що відбуваються в об'ємному гідропроводі машин [4-5]. Аналіз та вивчення режимів навантаження МПП наведені в роботах [6-7], однак комплексне дослідження щодо появи коливаль-

них режимів під час роботи та стопоріння машини на сьогодні відсутнє.

Технологія експериментальних досліджень описана в роботі [8], проведено експериментальне дослідження параметрів руху автогідропідйомача з обертовими зчленуваннями в роботі [9]. Проте експериментальному дослідженню коливальних процесів, що відбуваються в МПП, у сучасних роботах приділена недостатня увага. Означений факт пояснюється складністю проведення та високою вартістю натурних випробувань.

Метою статті є експериментальне вивчення коливальних процесів, що спостерігаються в підйомнику під час виконання робочих операцій. Для досягнення поставленої мети визначені наступні завдання:

- вибір об'єкта досліджень і підготовка машини до польових випробувань;
- розробка методики проведення експериментального дослідження в умовах випробувального полігону ХНАДУ;
- вибір приладів і обладнання;
- обробка і репрезентація отриманих даних.

Виклад основного матеріалу. При виборі об'єкта випробувань було проведено огляд найбільш затребуваних МПРП на ринку України і світу [1]. Аналіз ринку сучасних підйомників показує, що найбільш поширеними є стрілові машини з вантажопідйомністю до 200 кг і висотою підйому до 20 м.

У результаті об'єктом дослідження було обрано МПРП, що розроблений на підприємстві «Верхньодніпровський машинобудівний завод» у вигляді начіпного устаткування до самохідного шасі (рис.1). Такий МПРП може агрегатуватися шасі вантажопідйомністю від 1,5 т. Привід управління робочого обладнання гідравлічний. Складовими частинами є: базова машина, поворотна платформа, стріла, робоча платформа, гідроциліндри управління.

Основним робочим органом є платформа, яка за допомогою двосекційної шарнірно зчленованої стріли і поворотної платформи з'єднується з базовою машиною.



Рис. 1 Експериментальне устаткування МПРП

Гідравлічна система управління робочою платформою роздільно-агрегатна з гідронасосами шестеренного типу і гідророзподілювачем з електроуправлінням.

В умовах навчально-виробничого полігону привід робочого устаткування підйомної установки здійснювався за допомогою насосної установки (гідростанції) моделі СВМ1-40-206, призначеної для живлення гідросистем гідрофікованого устаткування.

Гідравлічна схема гідростанції СВМ1-40-206 (рис. 2) складається з бака Б, насоса Н з електродвигуном Е, запобіжного клапана КП, манометра МН, напірного фільтра Ф з перепускним клапаном та індикатором забрудненості, сапуна С (повітряного фільтра), заливної горловини ФЗГ, перемикачем манометра ПМ для запобігання тиску, і трубопроводів – напірного Р, зливного Т1 і дренажного Т2. Клапан запобіжний має конструкцію непрямої дії, що включає основний КП1 і пілотний КП2 клапани [10].

МПРП Верхньодніпровського машинобудівного заводу може працювати на висотах до 16 м, при вантажопідйомності 140кг, температурі від

+ 40 до - 40 ° С в умовах помірного клімату. Технічні параметри МПРП наведені в табл. 1

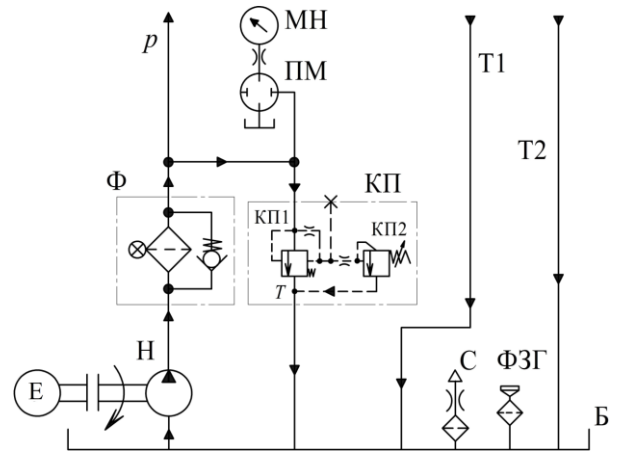


Рис. 2 Гідравлічна схема гідростанції СВМ1-40-206

Таблиця 1. Технічні параметри МПРП Верхньодніпровського машинобудівного заводу

Параметр	Значення
Маса експлуатаційна, кг	1580
Максимальна вантажопідйомність, кг	140
Максимальна висота підйому, м	16
Горизонтальний виліт, м	6,5
Вантажопідйомність при максимальному горизонтальному вильоті, кг	75
Привід платформи	Гідравлічний
Тиск у гідросистемі, МПа	6,3
Тип стріли	Двосекційна, шарнірно зчленована

У процесі розробки методики проведення експериментального дослідження прийнято рішення розглянути типові операції, що виконуються МПРП під час стандартного робочого циклу і характеризуються впливом виражених динамічних навантажень, а саме підйом і опускання робочої платформи. Експерименти проводилися відповідно до схеми, представленої на рис. 3.

Для забезпечення надійності отриманих результатів експериментального дослідження на рівні 0,95 кожний дослід повторювався 3 рази за одних і тих саме значень регульованих факторів [9].

Коловильні процеси, що відбуваються під час роботи МПРП, реєструвалися за допомогою двокоординатних акселерометрів, які були встановлені в точці кріплення робочої платформи до стріли і в точці зчленування стріли МПРП (рис. 4)

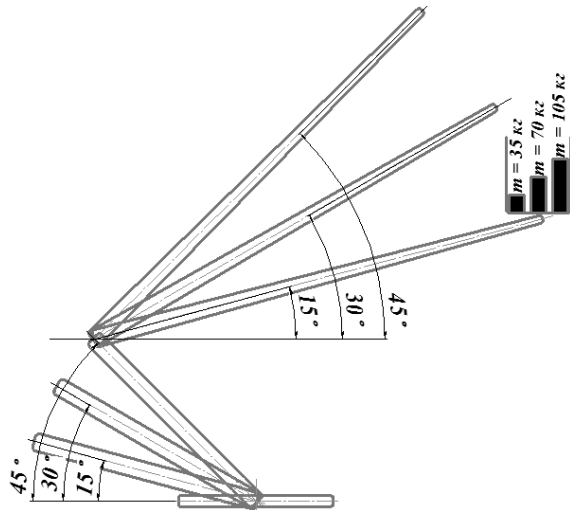


Рис. 3 Схема проведення експериментального дослідження



Рис. 4 Точки встановлення двокоординатних акселерометрів

У конструкції двокоординатного акселерометра використовуються два аналогових виходи мікросхеми акселерометра. Сигнали з цих виходів ('x' і 'y' складові) подаються на два підсилювачі по струму і далі на колодку сполучну. В режимі нульового прискорення на аналогових виходах напруга дорівнює 2,5 вольт. При виникненні прискорення напруга змінюється відповідно – при позитивних значеннях прискорення напруга стає більше, ніж 2,5 вольт, і при негативних – менше 2,5 вольт.

Для запису реєстрованих даних використовувався мобільний вимірювальний комплекс (рис. 6), що включає в себе АЦП, і ноутбук з відповідним програмним забезпеченням. Це дозволило одночасно перетворювати сигнали, що надходять з акселерометрів, і записувати їх у вигляді цифрових табличних даних у пам'ять комп'ютера.

Відповідно до розробленої методики проведення експериментів результати вимірювань були записані в цифровому вигляді на електронний носій. Потім вони були представлені у вигляді осцилограм, на яких реєструвалися прискорення в точці кріплення робочої платформи до стріли і в точці зчленування стріли МПРП вздовж осей x та y (рис. 4).

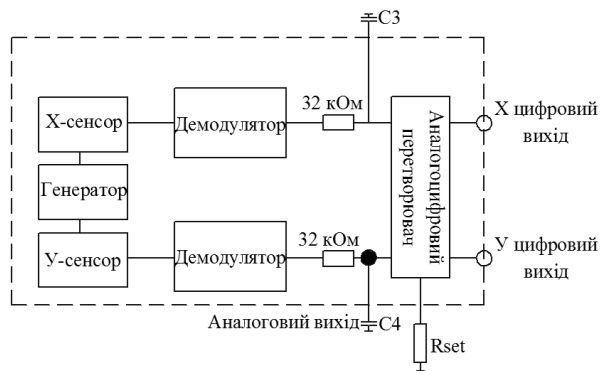
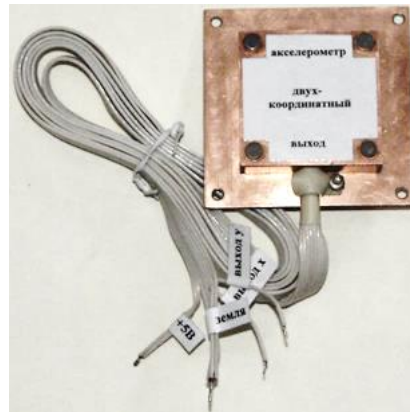


Рис. 5 Блок-схема двокоординатного акселерометра

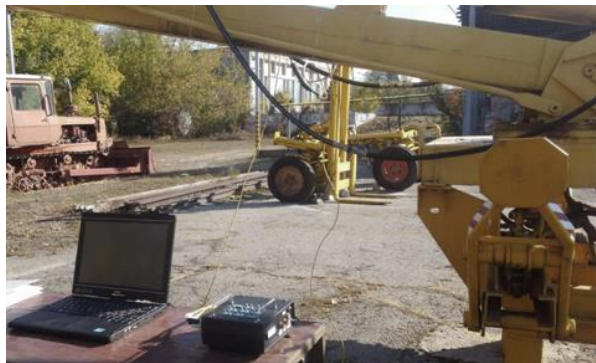


Рис. 6 Мобільний вимірювальний комплекс

На рис. 7 представлені характерні осцилограми коливальних процесів, що спостерігаються в підйомнику під час виконання робочих операцій.

Аналіз отриманих осцилограм коливальних процесів, що спостерігаються в підйомнику під час виконання робочих операцій, вказує, що найбільші коливання відбуваються в точці кріплення робочої платформи до стріли вздовж осі Y. При цьому слід зазначити, що прискорення в інших точках стріли МПРП, у яких фіксувалися експериментальні дані, значно менші за амплітудою коливань. Відповідно доцільно розглянути процес зміни прискорень у точці кріплення робочої платформи до стріли вздовж осі Y більш детально.

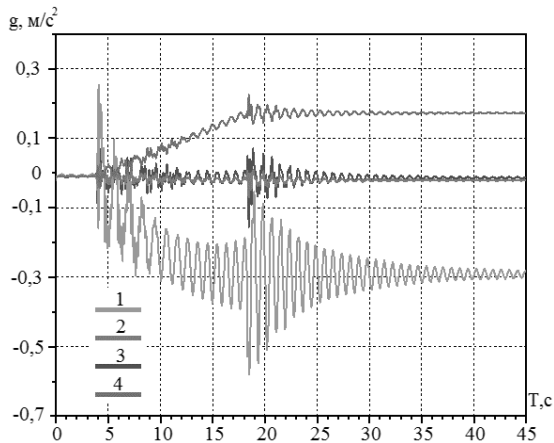


Рис. 7 Характерні осцилограми коливальних процесів, що спостерігаються в підйомнику під час виконання робочих операцій: 1– прискорення в точці кріплення робочої платформи до стріли вздовж осі У; 2 – прискорення в точці зчленування стріли МПРП вздовж осі х; 3 – прискорення в точці зчленування стріли МПРП вздовж осі У; 4 – прискорення в точці кріплення робочої платформи до стріли вздовж осі х

Для визначення впливу параметрів, що змінювались у процесі проведення експериментального дослідження на коливальні процеси під час роботи підйомника, розглянемо осцилограми зміни прискорень в точці кріплення робочої платформи до стріли вздовж осі У.

На рис. 8 наведені характерні осцилограми зміни прискорень для процесу підйому та опускання робочої платформи. Аналіз отриманих даних вказує, що амплітуда коливаний прискорень під час опускання робочої платформи на 35% більша, ніж при підйомі. Такий факт вказує на те, що процес опускання робочої платформи має більш динамічні показники.

Висновки.

Відповідно до зазначеної мети та завдань дослідження можна зробити наступні висновки:

1. Розроблене експериментальне обладнання досить просте й ефективне для дослідження коливальних процесів МПРП.

2. У точці кріплення робочої платформи до стріли вздовж вертикальної осі коливальні процеси, що спостерігаються в підйомнику під час виконання робочих операцій, найбільш яскраво виражені. При цьому слід зазначити, що прискорення в інших точках стріли МПРП, у яких фіксувались експериментальні дані, значно менші за амплітудою коливаний.

3. Амплітуда коливаний прискорень під час опускання робочої платформи на 35% більша, ніж при підйомі. Цей факт вказує на те, що процес опускання робочої платформи має більш динамічні показники у порівнянні з підйомом робочої платформи.

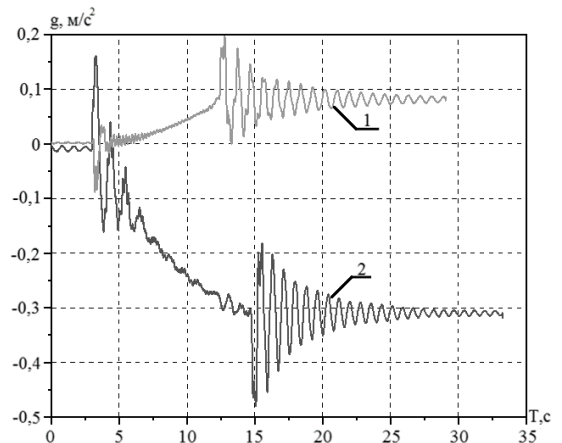


Рис. 8 Зміна прискорень для процесу підйому та опускання робочої платформи в точці кріплення до стріли вздовж осі У: 1– прискорення в точці кріплення робочої платформи до стріли під час підйому; 2 – прискорення в точці кріплення робочої платформи до стріли під час опускання.

Література:

1. Аналіз рівня технічного розвитку мобільних підйомників із робочими платформами / [І.Г. Кириченко, О.О. Резніков, Ю.В. Рукавишников та ін.] // Вісник ХНАДУ. – 2021. – Вип. 92. – С. 149-153.
2. Щербаков В.С. Автоматизация моделирования оптимальной траектории движения рабочего органа строительного манипулятора : монография / В.С. Щербаков, И.А. Реброва, М.С. Корытов. – Омск : СибАДИ, 2009. – 106 с.
3. Гурко А. Г. Разработка системы управления движением автогидроподъемника / А. Г. Гурко, И. Г. Кириченко // Будівництво. Матеріалознавство. Машинобудування. Серія : Підйомно-транспортні, будівельні і дорожні машини і обладнання. – 2014. – С. 210-220.
4. 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.
5. Объемный гидропривод в мобильных подъемниках с рабочими платформами : монография / [И.Г. Кириченко, Г.А. Аврунин, В.Б. Самородов и др.]. – Харьков : ХНАДУ, 2018. – 295 с.
6. Барков А.Ю. Режимы нагружения строительных грузопассажирских подъемников. Интерстроймех-2001 / А.Ю. Барков, М.А. Степанов // Труды Международной научно-технической конференции. – Санкт-Петербург : Издательство СПбГТУ, 2001г. – С. 14-18.
7. Барков А.Ю. Анализ режимов нагружения приводов строительных подъемников. Интерстроймех-2002 / А.Ю. Барков, М.А. Степанов

// Материалы Международной научно-технической конференции., Могилев : Издательство МГТУ, 2002г. – С.391-394.

8. Технологія наукових досліджень і технічної творчості / [Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля та ін.] // Системологія на транспорті : книга 2. – К. : Знання України, 2005. – 315 с.

9 Гурко О. Г. Дослідження параметрів руху автогідропідіймача з обертальними зчленуваннями / О. Г. Гурко, Ю. О. Доля // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2016. – №2. – С. 121-127.

10. Гидравлическое оборудование для гибких производственных систем, модулей и других машин и механизмов : каталог / ВНИИГидропривод ; общ. ред. А. Я. Оксененко. – Москва : ВНИИТЭМР, 1988. – 308 с.

References:

1. Kirichenko, I. G. et al. (2021) 'Analiz rivnya tekhnichnogo rozvitku mobilnih pidjornikov iz robocimi platformami', *Visnik HNADU*, (92), pp. 149–153.

2. Sccherbakov, V. S., Rebrova, I. A., Korytov, M. S. (2009) *Avtomatizaciya modelirovaniya optimalnoj traektorii dvizheniya rabocheho organa stroitel'nogo manipulyatora*. Omsk: SibADI, 106 p.

3. Gurko, A. G. and Kirichenko, I. G. (2014) 'Razrabotka sistemy upravleniya dvizheniem avtogidropodemnika', *Budivnictvo. Materialoznavstvo. Mashino-buduvannya. Seriya : Pidjornno-*

transportni, budivelni i dorozhni mashini i obladnannya, pp. 210–220.

4. Popikov, P. I. et al. (2011) 'Matematischeskoe modelirovanie processov v sisteme gidroprivoda lesnyh manipulyatorov' *Nauchnyj zhurnal KubGAU*. (69(5)), pp. 1–11.

5. Kirichenko, I. G. et al. (2018) *Obyomnyj gidroprivod v mobil'nyh podyomnikah s rabochimi platformami*. Harkov: HNADU, 295 p.

6. Barkov, A.Y. and Stepanov, M.A. (2001) 'Rezhimy nagruzheniya stroitel'nyh gruzopassazhirskih podemnikov. Interstrojmekh-2001', *Trudy Mezhduнародной nauchno-tekhnicheskoy konferencii*. Sankt-Peterburg: Izdatelstvo SPbGTU, pp. 14–18.

7. Barkov, A. Y. and Stepanov, M. A. (2002) 'Analiz rezhimov nagruzheniya privodov stroitel'nyh podemnikov. Interstrojmekh-2002', *Materialy Mezhduнародной nauchno-tekhnicheskoy konferencii*. Mogilev: Izdatel'stvo MGTU, pp. 391–394.

8 Gavrilov, E. V. et al. (2005) 'Tekhnologiya naukovih doslidzhen' i tekhnichnoi tvorchosti', *Sistemologiya na transporti*. K. : Znannya Ukraïni, 315 p.

9 Gurko, O. G. and Dolya, Y. O. (2016) 'Doslidzhennya parametriv ruhu avtogidropidijmacha z obertal'nimi zchlenuvannyami', *Novi materialy i tekhnologii v metalurgii ta mashinobuduvanni*, (2), pp. 121-127.

10 Oksenenko, A. Y. (1988) *Gidravlicheskoe oborudovanie dlya gibkikh proizvodstvennykh sistem, modulej i drugih mashin i mekhanizmov*. Moskva: VNIITEMR, 308 p.

Аннотация

Експериментальное исследование колебательных процессов, происходящих во время работы в мобильных подъемниках с рабочими платформами

А.А. Резников

В статье представлен анализ результатов экспериментального исследования колебательных процессов, которые наблюдаются в мобильных подъемниках с рабочими платформами (МППП) при выполнении рабочих операций.

Проведен анализ основных факторов, воздействующих на динамичную нагруженность МППП. На основании проведенного анализа в качестве переменных факторов были выбраны геометрические параметры, характеризующие положение рабочей платформы в пространстве и тип рабочей операции. В качестве регистрируемых параметров были выбраны ускорения в точке крепления рабочей платформы к стреле и в точке сочленения стрелы МППП.

Согласно разработанной методики проведения экспериментов проведен анализ результатов измерений ускорения в точке крепления рабочей платформы к стреле и в точке сочленения стрелы МППП вдоль горизонтальной и вертикальной осей машины.

Анализ полученных осциллограмм колебательных процессов, которые наблюдаются в подъемнике при выполнении рабочих операций, указывает, что наибольшие колебания происходят в точке крепления рабочей платформы к стреле вдоль вертикальной оси. При этом следует отметить, что ускорения в других точках стрелы МППП, в которых фиксировались экспериментальные данные, значительно меньше по амплитуде колебаний.

Проведенный анализ динамических показателей работы машины в зависимости от типа рабочей операции указывает, что амплитуда колебаний ускорения во время опускания рабочей платформы на 35% больше, чем при подъеме. Данный факт указывает на то, что процесс опускания рабочей платформы имеет большие динамические показатели по сравнению с подъемом рабочей платформы.

Ключевые слова: экспериментальное исследование, мобильный подъемник, рабочая платформа, колебания, ускорение, динамическая нагруженность.

Abstract

**Experimental study of oscillatory processes taken place
in the operation of the mobile elevating work platform**

O.O. Reznikov

An analysis of the experimental study results of oscillatory processes in mobile elevating work platform (MEWP) when performing working procedures is presented in the paper.

The analysis of the main factors influencing the dynamic load of MEWP is carried out. Based on the analysis, geometric parameters that characterize the spatial arrangement of the working platform and the type of working procedure were selected as variable factors. Acceleration at the fixation point of the working platform to the boom and the junction point of a MEWP boom was selected as a recorded parameter.

According to the developed experimental technique, the results of acceleration measurements at the fixation point of the working platform to the boom and the junction point of a MEWP boom along the horizontal and vertical axes of the machine were obtained and analyzed.

The analysis of the obtained oscillograms of the oscillatory processes observed in the elevator when performing working procedures indicates that the greatest oscillations take place at the fixation point of the working platform to the boom along the vertical axis. It should be noted that the acceleration at other points of the MEWP boom, where the experimental data were recorded, is much less according to the amplitude of oscillation.

The analysis of the dynamic performance of the machine, depending on the type of working procedure, reveals that the amplitude of acceleration oscillations when lowering the working platform is 35% higher than when lifting. This fact indicates that the process of lowering the working platform has higher dynamic performance compared to lifting the working platform.

Keywords: *experimental study, mobile elevating work platform, oscillations, acceleration, dynamic load.*

Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Reznikov O.O. (2021). Experimental study of oscillatory processes taken place in the operation of the mobile elevating work platform. *Engineering of nature management*, (2(20)), pp. 54 - 59.

Подано до редакції / Received: 14.04.2021