

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Вінницький національний технічний університет

Р. Д. Іскович-Лотоцький, Я. В. Іванчук

**ВІБРАЦІЙНІ ТА ВІБРОУДАРНІ
ПРИСТРОЇ ДЛЯ РОЗВАНТАЖЕННЯ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Монографія

Вінниця
ВНТУ
2012

УДК 629.114.42

ББК 39.335.4

I-86

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол № 24 від 29.09.2011 р.)

Рецензенти:

І. О. Сивак, доктор технічних наук, професор

В. Ф. Анісімов, доктор технічних наук, професор

Іскович-Лотоцький, Р. Д.

I-86 Вібраційні та віброударні пристрої для розвантаження транспортних засобів : монографія / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Я. В. Іванчук. – Вінниця : ВНТУ, 2012– 156 с.

ISBN 978-966-641-466-6

В монографії розглядаються питання використання вібрацій і ударів та визначено переваги і недоліки існуючих типів віброприводів, що можуть бути використані для підвищення ефективності процесів розвантаження транспортних засобів, а також наведено теоретичне і експериментальне дослідження динаміки робочого циклу гідравлічного віброударного привода для розвантаження транспортних засобів.

УДК 629.114.42

ББК 39.335.4

ISBN 978-966-641-466-6

© Р. Іскович-Лотоцький, Я. Іванчук, 2012

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. Процеси вібраційного та віброударного розвантаження.....	8
1.1. Застосування вібрацій та віброударних навантажень для підвищення ефективності процесів розвантаження.....	8
1.2. Вібраційні та віброударні механізми для розвантажувальних робіт.....	18
1.3. Аналіз конструктивних схем і принципів роботи віброзбуджувачів із різними типами приводів.....	24
1.4. Огляд і аналіз методів розрахунку гідравлічних та віброударних приводів.....	30
2. Принципові та конструктивні схеми гідроімпульсного привода віброударного пристрою.....	40
2.1. Обґрунтування вибору параметрів гідроімпульсного привода віброударного пристрою.....	40
2.2. Розробка гідроімпульсного привода віброударного пристрою автомобіля-самоскида.....	47
2.3. Розробка гідроімпульсного привода віброударного пристрою розвантажувача кузова автомобіля-самоскида.....	50
2.4. Розробка універсального гідроімпульсного привода віброударного пристрою, керованого двокаскадним клапаном-пульсатором..	52
3. Теоретичне дослідження динаміки робочого циклу гідравлічного віброударного привода для розвантаження транспортних засобів.....	58
3.1. Розробка структурно-розрахункової схеми гідроімпульсного привода віброударного пристрою.....	58
3.2. Розробка динамічної і математичної моделей гідроімпульсного привода віброударного пристрою.....	63
3.3. Аналіз результатів теоретичних досліджень комплексної математичної моделі робочого циклу гідроімпульсного привода віброударного пристрою.....	69
3.3.1. Теоретичне дослідження робочого циклу гідропривода на фазі підйому гідроциліндра.....	69
3.3.2. Теоретичне дослідження робочого циклу гідропривода на перехідній фазі спрацювання клапана-пульсатора другого каскаду.....	74

3.3.3. Теоретичне дослідження робочого циклу гідропривода на фазі опускання гідроциліндра.....	76
3.4. Аналіз результатів теоретичних досліджень комплексної математичної моделі робочого циклу універсального гідро- імпульсного привода віброударного пристрою, керованого двокаскадним клапаном-пульсатором.....	84
3.5. Аналіз параметрів ударної взаємодії гідроциліндра з інерційними масами з кузовом самоскида.....	86
4. Експериментальні дослідження гідравлічного віброударного привода для розвантаження транспортних засобів.....	103
4.1. Задачі експериментальних досліджень гідравлічного віброударного привода.....	103
4.2. Методика експериментальних досліджень та оцінка точ- ності вимірювань.....	103
4.3. Методика експериментальних досліджень та оцінка точності вимірювань.....	107
4.4. Результати експериментальних досліджень.....	120
4.5. Методика та результати експериментальних досліджень ударної взаємодії гідроциліндра з інерційними масами і днища кузова.....	125
4.6. Порівняння результатів теоретичних і експеримен- тальних досліджень.....	128
5. Результати та перспективи промислового впровадження нового гідроімпульсного привода віброударного пристрою для розвантаження транспортних засобів.....	131
5.1. Методика проектного розрахунку гідравлічного віброудар- ного привода для розвантаження транспортних засобів.....	131
5.2. Перспективи і результати впровадження розробленого привода та методики його проектного розрахунку.....	139
5.3. Перспективи впровадження нових конструкцій гідроім- пульсного привода віброударного пристрою для підвищення ефективності процесів розвантаження кузовів-самоскидів транспортних засобів.....	142
ЛІТЕРАТУРА.....	145

ВСТУП

Вантажно-розвантажувальні роботи на транспортних засобах відносяться до категорії найбільш трудомістких і важких. Середній рівень механізації орієнтовно складає 70 %, що значно нижче рівня механізації цих робіт на залізничному, річковому і морському транспорті.

У загальному об'ємі вантажів, що перевозяться на транспортних засобах, навалочні вантажі (грунт, пісок, гравій, щебінь, овочі, зерно, мінеральні добрива тощо) складають приблизно 80 %. При розвантаженні навалочних вантажів в залежності від їхньої вологості, температури, гранулометричного складу частина вантажів залишається на кузові. В залежності від типу вантажу і його складу залишки коливаються в межах від 3 т до 20 т. Тому впровадження нових сучасних технологій у вантажно-розвантажувальних роботах на автомобільному транспорті дає можливість прискорити розвантаження, знизити затрати і скоротити наднормативні простой транспортних засобів при розвантажувальних роботах [28, 41].

До найбільш ефективних та енергозощаджувальних технологій відносяться вібраційні та віброударні [63, 95, 113], які реалізуються за допомогою пристроїв з різними типами приводів – механічним, електричним, гідравлічним, пневматичним, комбінованим [12, 54, 79, 116].

Перспективним є застосування гідроімпульсних приводів у виробництві вібраційних та віброударних розвантажувальних пристроїв, що обумовлене простотою конструкції, компактністю, високою енергоємністю, широким діапазоном регулювання робочих параметрів та можливістю роботи в автоматизованому режимі [10, 18, 79, 116].

Зокрема перспективним напрямком є створення змінного навісного обладнання з гідроімпульсним приводом для автомобілів-самоскидів, бортових автомобілів, причепів тракторів та інших транспортних засобів [51, 54].

Тому розробка вібраційного та віброударного обладнання з метою використання для вантажно-розвантажувальних робіт на транспорті є актуальною задачею.

У першому розділі монографії досить детально розглядається застосування вібрацій та ударів для підвищення ефективності процесів

розвантаження. Проводиться огляд відомих вібраційних та віброударних машин для розвантажувальних робіт на транспорті із проведенням аналізу конструктивних схем і принципів роботи вібробуджувачів із різними типами приводів. Дається об'єктивна і всебічна оцінка ефективності кожного з приводів, з переліком основних переваг і недоліків. При розгляді теорії та методів розрахунку гідравлічних віброударних приводів зроблено висновок, що найпридатнішим для здійснення розглянутих процесів є гідроімпульсний привод (ГІП), як достатньо енергоємний, компактний, гнучкий, зручний в експлуатації та обслуговуванні, конструктивно простий та дешевий, що дозволяє реалізувати широкий діапазон різних робочих режимів навантаження і здійснювати роздільне та точне регулювання їх параметрів.

У другому розділі монографії розглядається вибір технічних та технологічних вимог до гідроімпульсного привода віброударного пристрою для розвантаження транспортних засобів. Наведено розроблені авторами вібраційні і віброударні гідроприводи розвантажувача автомобіля-самоскида і на базі вищерозроблених приводів створено новий універсальний гідроімпульсний привод віброударного пристрою для розвантаження транспортних засобів, керованого двокаскадним клапаном-пульсатором. При описанні принципу роботи та конструктивного виконання нового універсального гідроімпульсного привода віброударного пристрою та його основних структурних складальних одиниць особлива увага приділяється основному елементу керування та регулювання робочих параметрів ГІП – вібробуджувачу, що в подальшому служить вихідними даними в інженерному розрахунку ГІП.

Наступний розділ включає результати теоретичних досліджень динамічної та математичну моделі гідроімпульсного привода віброударного пристрою для розвантаження транспортних засобів, а саме обґрунтовано припущення, на основі яких для багатозадачного процесу робочого циклу складені і розв'язані математичні моделі. Проведено аналіз результатів теоретичних досліджень комплексної математичної моделі робочого циклу гідроімпульсного привода віброударного пристрою; теоретично досліджено ударну взаємодію гідроциліндра з інерційними масами з кузовом автомобіля-самоскида і на основі розробленої вище теорії встановлено теоретич-

ні закономірності зміни в часі динамічних параметрів привода при вартюванні вхідних даних.

Четвертий розділ включає в себе результати експериментальних досліджень зразка гідравлічного віброударного привода для розвантажування транспортних засобів. Детально описано дослідну установку та реєструвальну апаратуру і прилади, встановлено реальні закономірності зміни робочих режимів гідравлічного віброударного привода. Проведено аналіз основних режимів роботи гідроімпульсного привода віброударного пристрою для розвантажування транспортних засобів, проведено порівняння результатів теоретичних і експериментальних досліджень, що підтверджують коректність прийнятих при розробці динамічних та математичних моделей припущень.

Далі в монографії наводяться основи розрахунку та проектування процесів та обладнання нової конструкції універсального гідроімпульсного привода віброударного пристрою для розвантаження транспортних засобів. Зокрема розглядаються структурні та функціональні зв'язки проектованого пристрою з кузовом транспортного засобу, на якому знаходиться вантаж, а також додатково розглядаються перспективні схемні і конструкторські рішення гідравлічних віброударних приводів та їх вузлів для розвантаження транспортних засобів.

Завершується монографія розглядом перспектив розвитку, впровадження та удосконалення гідроімпульсного привода віброударних пристроїв. Монографія є результатом узагальнення науково-дослідної та дослідно-конструкторської роботи, виконаної авторами на кафедрі Металорізальних верстатів та обладнання автоматизованого виробництва Вінницького національного технічного університету. Вказана робота виконувалась за координаційними планами науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

1. ПРОЦЕСИ ВІБРАЦІЙНОГО ТА ВІБРОУДАРНОГО РОЗВАНТАЖЕННЯ

1.1. Застосування вібрацій та віброударних навантажень для підвищення ефективності процесів розвантаження

В сучасних умовах науково-технічного розвитку широко використовуються вібраційні та віброударні технології для інтенсифікації виробничих процесів у різних галузях промисловості [12, 41, 57, 78, 83].

Широке застосування силових пульсуючих (коливальних) і імпульсних (ударних) систем обумовлене простотою конструкції, компактністю, швидкодією, високою чутливістю і можливістю використання в автоматизованому процесі, що відрізняється при використанні подібного роду механізмів високою продуктивністю.

В наш час важко знайти галузь народного господарства, де б не знаходили застосування силові імпульсні системи. Завдяки високій ефективності і простоті конструкції такі машини використовуються в машинобудівній, будівельній, гірничодобувній, металооброблюючій, транспортній і в інших галузях промисловості.

Для багатьох типів машин віброударні рухи є єдиноможливими за умовами технологічного процесу. Це, наприклад, різні види молотів, вібровідбійний інструмент, машини для віброударних випробувань, віброударні розвантажувачі, системи так званої циклічної автоматики.

Особливий інтерес представляє використання вібраційних та віброударних розвантажувальних пристроїв для підвищення ефективності процесів розвантаження на транспортних засобах з метою збільшення продуктивності праці шляхом механізації і автоматизації процесу розвантаження різних навалочних вантажів з кузовів транспортних засобів.

Дослідження [57, 68] показали, що для підвищення ефективності процесів розвантаження доцільно застосовувати примусові вібрації та удари, які впливають на фізико-механічні параметри матеріалу вантажу.

При підведенні до дисперсійного матеріалу вібраційного навантаження в ньому відбудеться низка перетворень [15, 28], характер яких залежить від інтенсивності і виду вібраційного навантаження.

З ростом інтенсивності дії вібрації на дисперсне середовище в межах амплітудних значень прискорення, які не перевищують величини прискорення сили тяжіння [30, 78, 83], середовище почне набувати рухомості – псевдотекучості.

У цьому стані сили зчеплення між частинками зменшуються, зменшується об'єм порожнин (досягається більш щільне укладання частинок), середовище ущільнюється. Найбільше ущільнення середовища має місце при значенні амплітудного прискорення вібрації, близької до прискорення сили тяжіння [61, 94, 116].

При подальшому збільшенні інтенсивності коливань дисперсне середовище почне періодично втрачати контакт із дном ємності, в якій воно знаходиться.

Порушуються зв'язки між частинками, в масі виникає циркуляційний рух, на поверхні бурління – середовище переходить у стан вібраційного кипіння. Стан віброкипіння характеризується розривом дисперсного середовища і зменшенням його густини, що приводить до таких змін характеристики навалочного вантажу, як зменшення кута природного відкосу, зменшення коефіцієнта внутрішнього тертя, збільшення швидкості переміщення навалочного вантажу відносно несучої платформи [40, 97, 122].

Характер розвантаження суттєво різний в залежності від того, яке навантаження здійснюється – вібраційне чи віброударне.

Існують дві відомі теорії природи ударного (імпульсного) руйнування: теорія відкольного руйнування [63, 92], і резонансно-структурна теорія [34, 84, 95].

Специфіка ударного (імпульсного) за теорією відкольного руйнування [63, 92] заключається в тому, що через малу тривалість навантаження практично відсутній взаємний вплив окремих ділянок навантаженого тіла, що містять будь-які крупні дефекти, і відповідно здійснюють вклад в процес відкольного руйнування. Крім того при цьому розвиваються екстремально високі швидкості деформування, відбувається розігрів речовини, змінюється механізм пластичної деформації (відбувається активування додаткових площин ковзання, збільшується вклад двійникування в деформацію навіть для тих матеріалів, де в звичайних умовах навантаження деформаційні двійники не утворюються відкольного руйнування).

Тривалий час вважалося, що при ударному (імпульсному) руйнуванні відкол відбувається миттєво при досягненні критичної величини розтягуючих напружень розтягу, що зазвичай називається відкольною міцністю руйнування матеріалу.

Найбільш поширеною є резонансно-структурна теорія, де процес ударного (імпульсного) руйнування кускових і змерзлих вантажів можна представити як попадання в резонанс головних коливань системи, коли всі частинки зв'язаної структури коливаються з однією і тією ж власною частотою, яка відповідає частоті зовнішньої коливальної дії [34, 84, 95]. При попаданні системи в резонанс між частинками зв'язаної структури порушуються початково встановлені силові зв'язки R_i , контакти і зчеплення – відбувається руйнування матеріалу. Процес руйнування супроводжується як відносним проковзуванням частинок, так і відносним повертанням частинок матеріалу вантажу, яке може виникнути у разі руйнації пружних зон контакту в точках 1, 2, 3 (рис. 1.1).

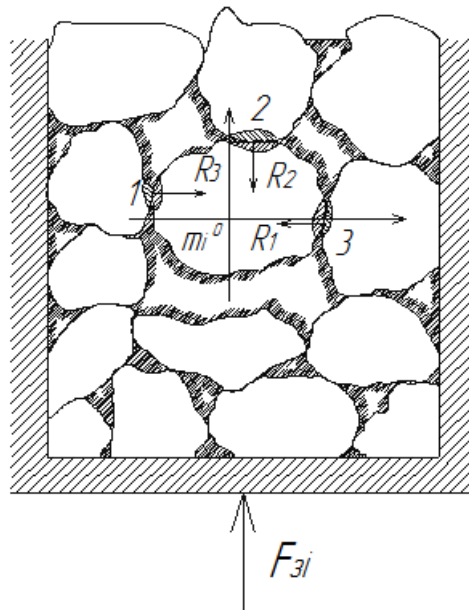


Рис. 1.1. Принципова система зв'язаної структури матеріалу вантажу

Кожна структурна частинка розвантаженого матеріалу у загальному вигляді може бути представлена просторовою, багатомасовою, пружнов'язкопластично-інерційною системою (рис. 1.2). Кожна частинка системи вантажу має свої інерційні властивості, які характеризуються її масами m_i , пружними властивостями, що закладені в пружних елемен-

тах $k_{ix, y, z}$, а також гістерезисними властивостями, що моделюються в'язкими $\alpha_{ix, y, z}$ та пластичними $c_{ix, y, z}$ елементами. Частинки вантажу взаємодіють через пружні елементи та пари в'язкого і сухого тертя.

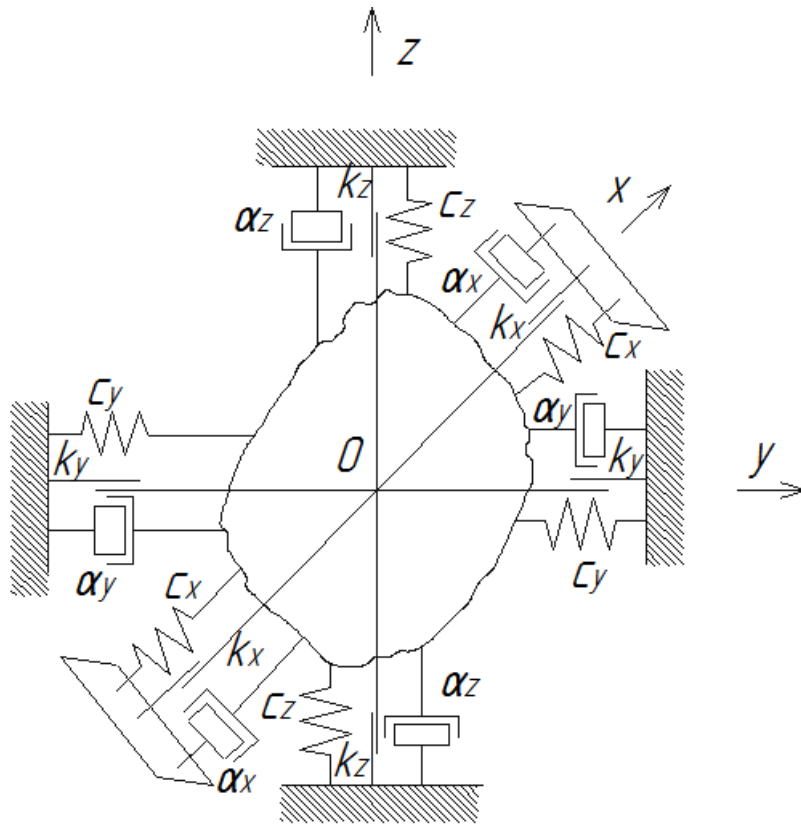


Рис. 1.2. Принципова схема моделі зв'язаної структури матеріалу вантажу

Рівняння динаміки частинок зв'язаної структури розвантаженого ударними імпульсами матеріалу з урахуванням віброреологічного ефекту при зовнішній ударній дії на вантаж компенсуючої сили внутрішнього тертя $F_{тр}$ за рахунок інерційної складової $F_{ін} = -m_i A_0 \sin(\omega t)$ в момент, коли $\bar{F}_{тр} + \bar{F}_{ін} = 0$, може бути записано у вигляді [34, 95]

$$\sum_{i=1}^n m_i \ddot{y}_i + c_{ij} = 0, \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n), \quad (1.1)$$

де n – число частинок матеріалу в об'ємі усього вантажу; c_{ij} – пружний коефіцієнт зв'язку між i -ю і j -ю частинками порошку.

Розв'язок системи n лінійних однорідних рівнянь (1.1), що відповідають гармонійним коливанням з частотою ω_i і початкової фазі φ_i , має такий вигляд:

$$y_i = A_i \sin(\omega_i t + \varphi_i).$$

Додатні корені характеристичного рівняння системи (1.1) представляють собою власні частоти коливань частинок зв'язаної структури матеріалу вантажу.

Найбільш енергоємні режими для різних стадій ударного руйнування зв'язаної структури матеріалу вантажу визначаються спектром основних частот $\omega_o = \omega_H \leq \omega \leq \omega_B = \omega'_{оруйн}$, межі якого відповідають основним частотам початку процесу $\omega_0 = \sqrt{N_i / (m_i a_{\max})}$ і його завершення $\omega'_{оруйн} = \frac{n\pi}{h} \sqrt{\frac{E}{\rho_c}}$, де $\frac{n\pi}{h}$ – довжина хвилі дилатаційних поперечних коливань; E – модуль Юнга, ρ_c – густина матеріалу. Отже, найбільш ефективною є полігармонійна зовнішня дія, яка складається із ряду частотних компонент з постійною різницею частот $\delta\omega$ і утворює хвильовий пакет, що лежить у вузькому частотному інтервалі $\Delta\omega = \omega_B - \omega_H$ (рис. 1.3а). Аналіз поведінки такого хвильового пакета $\Delta\omega$ з однаковою, наприклад, амплітудою r у часі дає можливість синтезувати зовнішнє навантаження у вигляді імпульсу сили.

Цей висновок підтверджує особливу ефективність віброударного зовнішнього навантаження при розвантаженні злежаних і змерзлих вантажів. В якості синтезу імпульсного зовнішнього навантаження розглянемо дію на систему хвильового пакета $\Delta\omega$, кожна компонента якого відповідає гармонійному коливанню $y_i = r \sin \omega_i t$, де $\omega_i = \omega_H + (i-1)\delta\omega$; $i = 1, 2, 3, \dots$; $k = \Delta\omega / (\delta\omega) + 1$.

Сума ряду таких гармонійних компонент забезпечує дію

$$R(t) = r \sum_{i=1}^{k-1} \sin(\omega_H t + k\delta\omega t).$$

Середнє значення частоти хвильового пакета $\Delta\omega$

$$\bar{\omega} = \omega_H + \frac{k-1}{2} \delta\omega,$$

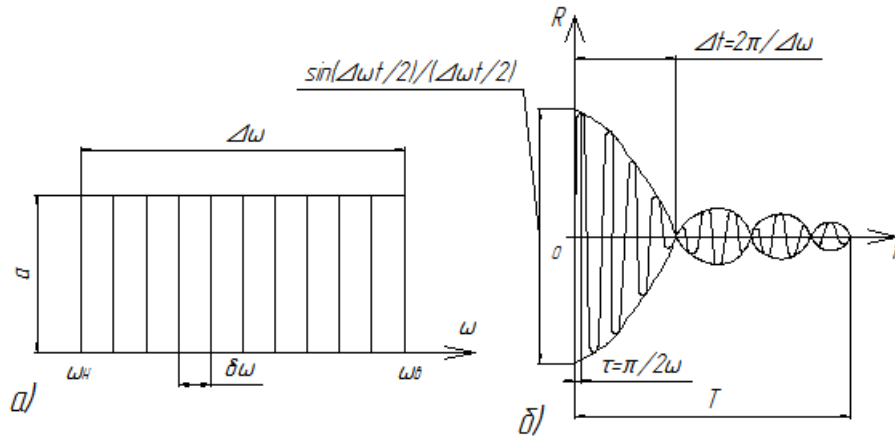


Рис. 1.3. Схема полігармонічної зовнішньої дії на вантаж:
а) – пакет хвиль; б) – сумарна амплітуда

а залежність сумарної амплітуди від часу при великих k можна представити у вигляді

$$R(t) = kr \frac{\sin \frac{\Delta\omega t}{2}}{\frac{\Delta\omega t}{2}} \sin \bar{\omega}t.$$

Графік тимчасової зміни $R(t)$ на рис. 1.3б побудований на основі попереднього виразу і відповідає одиночному затухаючому імпульсу, що є результатом складення гармонійних компонент, частоти яких обмежені хвильовим пакетом $\Delta\omega = \omega_B - \omega_H$. Значні амплітуди $R(t)$ спостерігаються тільки в інтервалі $0 < t < 2\pi/(\Delta\omega)$, а довжина цієї основної частини синтезованого імпульсу (Δt) визначається величиною $\Delta\omega$.

При прикладенні вібраційних навантажень до нелінійних механічних систем виникає ефект вібраційного переміщення й зміщення (відводу) [18].

Розглянемо сипучий вантаж, що знаходиться в кузові і піддається вібраційним навантаженням [18, 55, 57]. Для цього виділимо й розглянемо тіло масою m , що лежить на похилій площині, з коефіцієнтом тертя μ , під кутом α , на яке перпендикулярно до площини діє прикладена сила $F_0 \sin(\omega t)$ з амплітудою F_0 і частотою ω на рис. 1.4. Сила реакції опори (похилої площини) на тіло

$$N = mg \cos(\alpha) + F_0 \sin(\omega t). \quad (1.2)$$

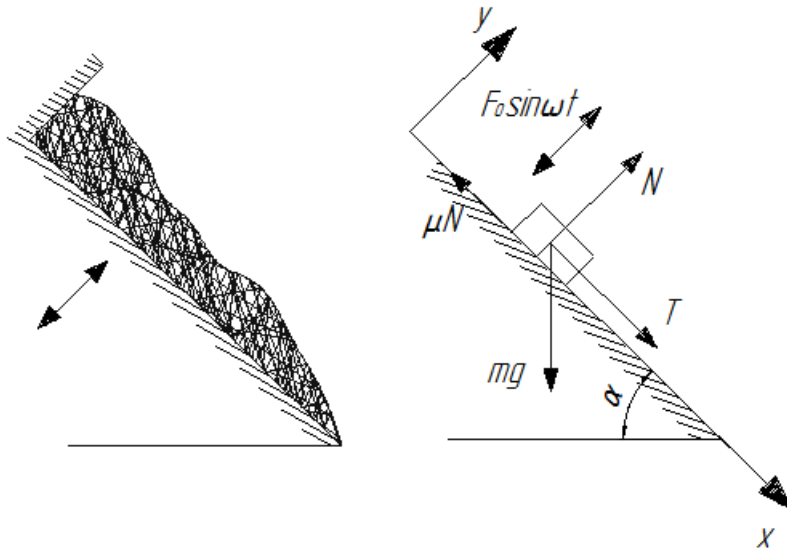


Рис. 1.4. Розрахункова схема очищення кузовів при прикладанні вібраційних навантажень

Якщо тіло не рухається, тобто знаходиться в стані спокою, то на нього діє сила, яка направлена вздовж площини, і дорівнює

$$T = mg \sin(\alpha) - \mu(mg \cos(\alpha) + F_0 \sin(\omega t)) \quad (1.3)$$

Умова порушення рівноваги тіла на похилій площині [18, 103] із рівняння (1.2) $T \geq 0$

$$(m/\mu)g \cos(\alpha) - mg \sin(\alpha) \leq F_0 \sin(\omega t). \quad (1.4)$$

Дійсно, протягом деякого проміжку часу першого напівперіоду $0 < \omega t < \pi$, коли сила $F_0 \sin(\omega t) > mg \cos(\alpha)$ і виконується умова (1.4), тіло починає рухатись, тому що коливальна сила $F_0 \sin(\omega t)$ зменшує силу взаємодії із похилою площиною. А протягом проміжку часу другого напівперіоду $\pi < \omega t < 2\pi$, сила $F_0 \sin(\omega t) < mg \cos(\alpha)$, умова (1.4) не виконується, сила взаємодії тіла із площиною збільшується і воно перестає рухатись (тіло притискається до площини).

Зокрема, якщо направити коливальну силу $F_0 \sin(\omega t)$ під кутом β до похилої площини, то можна забезпечити рух тіла навіть ввєрх по площині, тобто проти сили тяжіння, але тоді із рівнянь (1.2) і (1.3) повинна виконуватись умова

$$T = F_0 \sin(\omega t) \cos(\beta) - mg \sin(\alpha) - \mu(mg \cos(\alpha) + F_0 \sin(\omega t) \sin(\beta)) \geq 0.$$

Результати експериментальних досліджень швидкості процесу вібраційного розвантаження від кута зсуву фаз коливань [25, 114], що

здійснюються при різних частотах, для кварцового щебеню і піску наведені на рис. 1.5. Графіки на рис. 1.5 відповідають амплітудам переміщення вантажонесучого органу (кузова): у вертикальному напрямі $A = 5$ мм, в горизонтальному напрямі $B = 10$ мм. Графік на рис. 1.5б, в – відповідно при $A = 2,5$ мм, $B = 5$ мм.

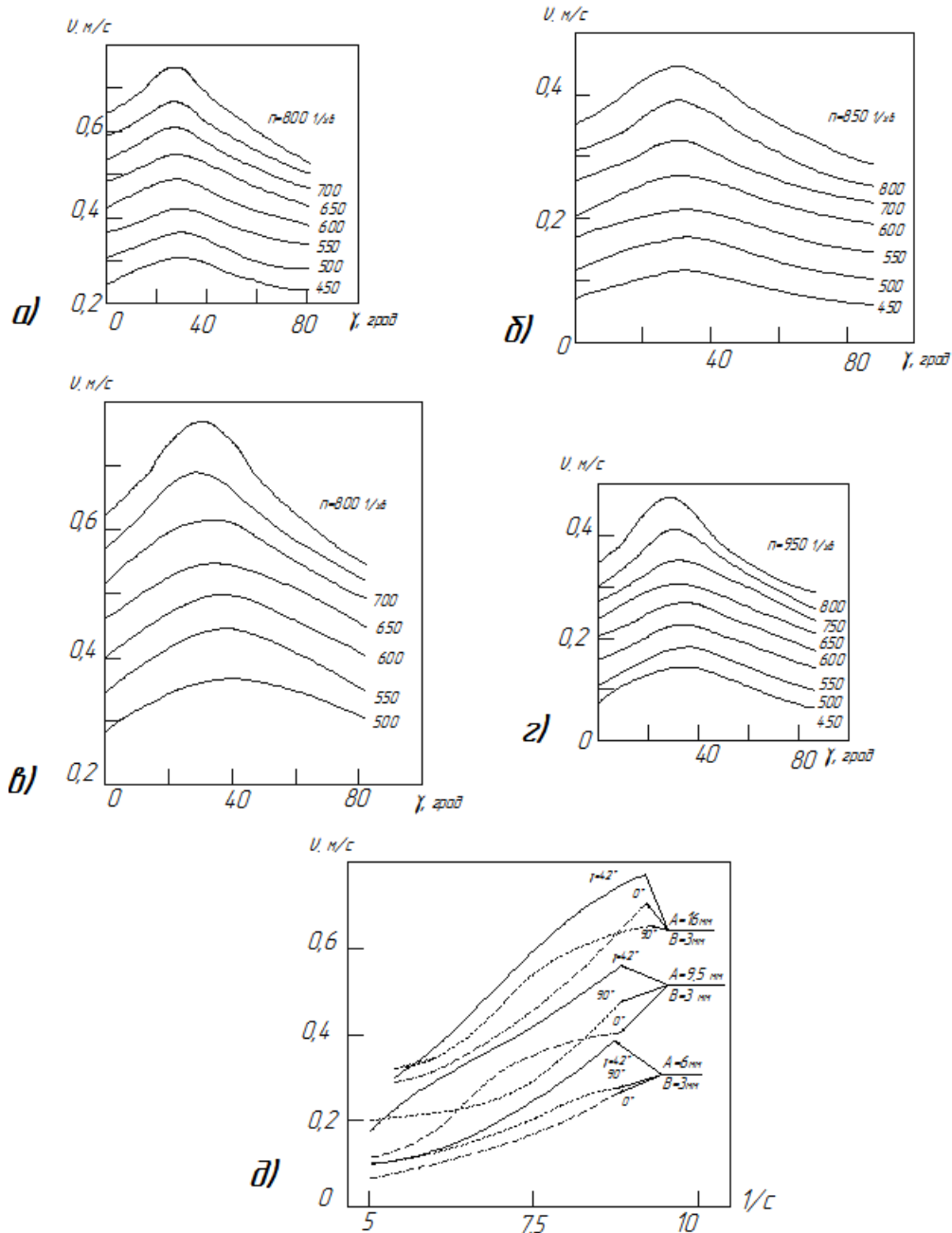


Рис. 1.5. Залежність швидкості переміщення вантажу відносно несучої платформи при віброударному розвантаженні від частоти коливань кузова:
а, б) – пісок; в, г) – щебінь; д) – крупно-кусковий

Як видно з рис. 1.5, залежності носять екстремальний характер, причому екстремуми виражаються більш явно із зростанням частоти коливань. Максимальна швидкість вібраційного розвантаження досягається при зсуві фаз в межах від 20° до 30° .

Аналіз експериментальних даних показує, що більші швидкості розвантаження в більш високочастотних режимах досягаються при менших значеннях кута зсуву фаз.

Зокрема результати досліджень залежності швидкості вібраційного розвантаження кварцової щєбінки, річкового піску, дрібного вугілля і марганцевої руди шаром завтовшки 50 мм [37, 58, 83] показують різке збільшення швидкості розвантаження і відповідно збільшення продуктивності праці при вантажно-розвантажувальних роботах.

Вібророзвантажувальні установки (накладні вагонні вібратори) – пристрої, що забезпечують передачу вібрації безпосередньо на кузов піввагона, широко застосовують в США, Канаді, Англії, Швеції і Норвегії для розвантаження і зачистки піввагонів із злежаними або слабо змерзлими сипучими вантажами. За зарубіжними даними простій вагонів при цьому скорочується в 2–4 рази і приблизно в такій же пропорції підвищується продуктивність праці [6, 83].

Подібні ж результати були отримані і при випробуванні таких установок, створених в Ленінградському інституті інженерів залізнодорожного транспорту (ЛІІЗТ) і Лененерго [39, 54], Центральному науково-дослідницькому інституті міністерства шляхів і сполучення (ЦНДІ МШС), Науково-дослідний інститут «Залізобетон» [56].

Вібророзвантажувальні установки ефективно працюють не тільки з тими вантажами, що злежалися, але й з слабо мерзлими вантажами – змерзла корка товщиною близько 15 см не перешкоджає розвантаженню.

Принцип дії вібророзвантажувальних установок заснований на такому. Як відомо, кришки люків звичайних піввагонів при їх відкритті розташовуються під кутом до горизонту: середні (6 кришок) – під кутом 32° і крайні (8 кришок) – над візками – під кутом 26° . При русі ж матеріалу або в результаті інерційних сил окремих частинок, що виникають при вібрації, його кут природного відкосу різко зменшується. Завдяки цьому відбувається інтенсивне висипання матеріалу вантажу і вагон швидко очищається. Залежність кута природного відкосу від коефіцієнта внутрішнього тертя f і прискорення коливань, виведена Г. Л. Зенковим [55], наведена на рис. 1.6.

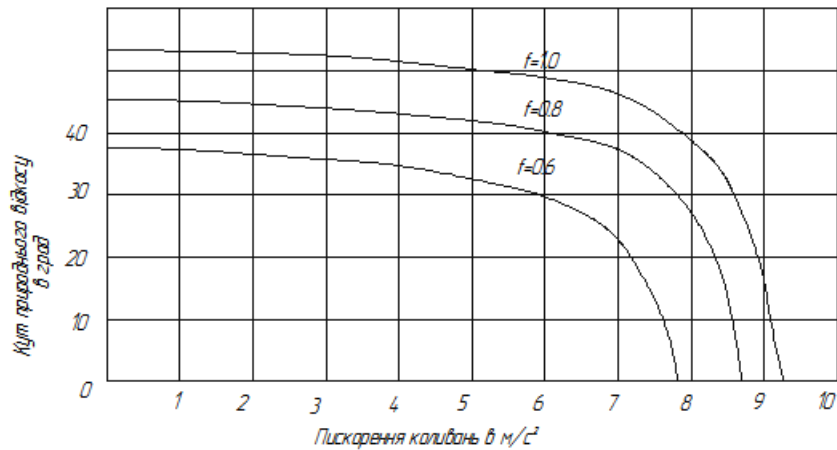


Рис. 1.6. Залежність кута природного відкосу сипучих вантажів від коефіцієнта внутрішнього тертя і прискорень вимушених коливань

Сипучі ж матеріали, як правило, мають великий кут природного відкосу (табл. 1.1), внаслідок чого на кришках люків і горизонтальних повздожних та поперечних балках кузова затримується деяка кількість вантажу (за даними Лененерго і ЦНДІ МШС [12, 32, 39] в залежності від способу розвантаження і типу вантажу від 4 т до 20 т і більше), що не висипається самопливом при відкритті люків. Проте потрібно враховувати, що наведені в табл. 1.1 кути природного відкосу характерні тільки для матеріалу, що знаходиться у спокої.

Таблиця 1.1

Деякі характеристики сипучих будівельних матеріалів

Матеріал		Кут природного відкосу, град	Коефіцієнт внутрішнього тертя, f
Пісок (крупна фракція):	сухий	30...35	0,577...0,7
	вологий	32...40	0,625...0,839
	мокрый	25...27	0,466...0,51
Пісок (середня фракція):	сухий	28...30	0,532...0,577
	вологий	35	0,7
	мокрый	25	0,466
Пісок (дрібна фракція):	сухий	25	0,466
	вологий	30...35	0,577...0,7
	мокрый	15...20	0,268...0,364
Щебінь		40...45	0,839...1
Шлак		29...50	0,56...1,19
Вугілля		27...45	0,51...1

1.2. Вібраційні та віброударні механізми для розвантажувальних робіт

Заводом «Запоріжсталь» спільно з Харківським дослідницьким інститутом транспорту (ХДІТ) розроблена конструкція бічного вібратора для очищення вагонів ОБП [7] (очищувальний боковий пристрій) (рис. 1.7). До нижньої частини вертикальної Г-подібної стійки 1 приварена плита 2 товщиною 25...30 мм. На плиті 2 паралельно кріпляться два електромеханічні вібратори ІВ-81 або ІВ-883. На хвостовиках затискних гаків 4, вставлених в отвори на плиті 2, нарізана різьба. Гайки 5 стопоряться пружинними клямками 6.

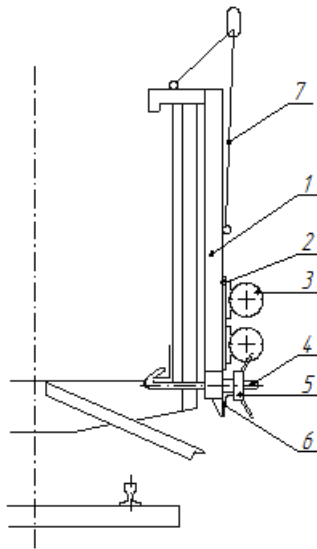


Рис. 1.7. Навісний бічний вібраційний пристрій для очищення піввагонів

Для навішування на вантажопідйомний пристрій передбачено чалкове пристосування 7. Пристрій для очищення навішується на борт піввагона. Для цього Г-подібна стійка 1 надягається на верхню обв'язку борту. Потім затискні гаки 4 з'єднуються з нижніми кутами і кріпляться гайками 5. Після цього включаються вібратори.

Досвід експлуатації цього пристрою свідчить про те [7], що очищення ефективно при вібрації спочатку в районі одного візка, а потім іншого.

Зняття бічного вібратора проводиться в зворотному порядку. Загальний час вібродії складає 3...4 хв. З урахуванням переустановки, час очищення складає 6...8 хв. У модифікованому варіанті бічного вібратора кріплення віброзбуджувачів до рами здійснюється за допомогою пружин.

Загальним недоліком таких конструкцій бічних вібраторів є необхідність ручного приєднання вібратора до вагона і його від'єднання після закінчення очищення.

Тому їх застосування доцільне при епізодичному надходженні навалочних вантажів у піввагони.

Для тих випадків, коли потрібно розвантажити два типи вантажів, наприклад, кокс і вапняк, розроблена конструкція ОБП із двостороннім розвантаженням (ОБПДР) [5]. Міст 10 (рис. 1.8) опирається на фундамент за допомогою відкритих шарнірів 7. До моста 10 шарнірами 11 з двох боків кріпляться привалочні важелі 4, сполучені механізмом синхронізації 8. У верхніх частинах привалочних важелів 4 за допомогою амортизаторів 3 закріплені привалочні вібробруски 1 із вібробуджувачами 2. Всередині привалочних важелів розташовані телескопічні плунжерні гідроштовхачі 6, які внизу опираються на шарнір 7, а зверху мають ролики, розташовані в пазу 5 важеля 4. Для фіксації затиснутого стану вагона і регулювання сили затиску призначений замок 9.

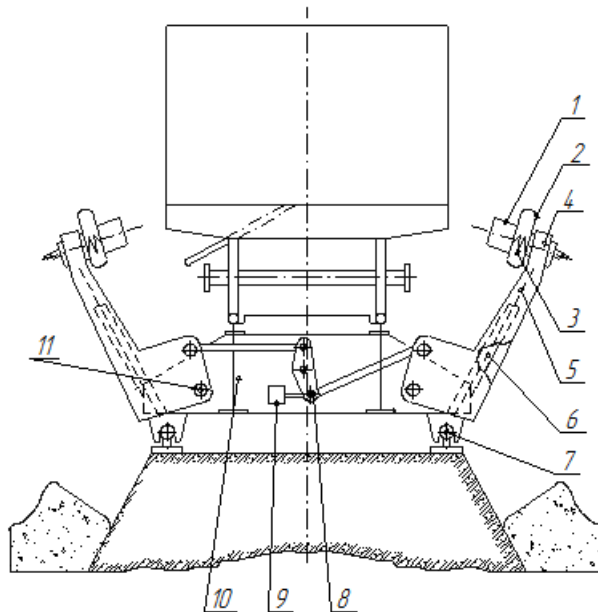


Рис. 1.8. Полегшений бічний перекидач з двостороннім розвантаженням

При розвантаженні на платформу вкочується піввагон із люками, відкритими, наприклад, із лівого боку. У цьому випадку включається гідроштовхач 6 і повертається правий привалочний важіль 4 до кузова вагона. За допомогою механізму синхронізації 8 до кузова переміщається і лівий привалочний важіль. При цьому лівий гідроштовхач не

робить ніякого впливу, оскільки його ролик переміщується в прорізі важеля. Привалочні вібробруски 1 притискаються до бортів кузова на рівні днища. Включається замок 9 і підтискає амортизатори 3 до величини, що забезпечує оптимальні умови вібрації. В цей час гідроштовхач 6 відкриває праву сторону моста 10 від відкритого шарніра 7, повертаючи всю конструкцію навколо лівого відкритого шарніра 7 на кут 30...45 °.

Вібровозбуджувачі 2 можуть включатися при досягненні граничного кута нахилу, а вимикатися перед початком опускання, або включатися відразу після спрацьовування замка 9, а вимикатися перед розмиканням привалочних вібробрусків 1. У другому випадку інтенсивність розвантаження збільшується, а загальна тривалість циклу розвантаження зменшиться.

Після закінчення висипання матеріалу правий гідроштовхач 6 опускає міст 10 на правий шарнір 7. Після цього розкривається замок 9 і при подальшому опусканні плунжера гідроштовхача 6 привалочні важелі 4 одночасно, за рахунок механізму синхронізації 8, розійдуться і звільнять піввагон. Для розвантаження вправо потрібно включити лівий гідроштовхач.

Технологія роботи ОБПДР аналогічна роботі описаних вище ОБП. Обидві конструкції можуть бути використані для розвантаження чотирьох-, шести- і восьмивісних піввагонів.

Маса ОБП (без будівельної частини) складає 21 т, а маса ОБПДР – 25 т, що в 5–6 разів менше, ніж у роторного вагоноперекидача. Потужність електродвигуна залежить від швидкості перекидання і коливається в межах 30...50 кВт.

Простої під розвантаженням при подачі вагонів в кількості 15 одиниць складають близько 1,5 год.

Багато вантажів при низьких температурах мають схильність до замерзання у вагонах, що значно ускладнює їх вивантаження. Для механічного розпушення вантажів застосовуються вібророзпушувачі.

В цей час розроблено віброударний розпушуючий пристрій, що є змінним робочим устаткуванням універсальних козлових кранів, і який сприятиме його широкому розповсюдженню [4, 14]. Вібророзпушувач ДП–6С (рис. 1.9) складається з вібровозбуджувача 3 вертикально направленої дії, жорстко зв'язаного з рамою робочого органу 2.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамов Е. И. Элементы гидропривода: Справочник / Е. И. Абрамов, К. А. Колесниченко, В. Т. Маслов. – К. : Техніка, 1977. – 320 с.
2. Алехин С. В. Определение эксплуатационной надежности подвижного состава и выбор методов ее повышения / С. В. Алехин, Н. С. Продан, Л. А. Кухаренко. – Л., изд. ЦНИИ МШС, 1967. – С. 69–80.
3. Альтшуль А. Д. Гидравлика и аэродинамика / А. Д. Альтшуль, П. Г. Киселев. – М. : Стройиздат, 1975. – 328 с.
4. А. с. 552263 СССР, В 65 G 67/24. Навесное устройство для разгрузки и очистки полувагонов от остатков сыпучих грузов / В. Н. Стогов, И. П. Кривцов, В. А. Мироненко, П. Г. Паров, Н. А. Гастелло (СССР). – №1965589/11; заявл. 05.10.73; опубл. 30.03.77, Бюл. № 12.
5. А. с. 652070 СССР, В 65 G 67/24. Навесное устройство для разгрузки и очистки полувагонов от остатков сыпучих грузов / В. К. Бешкетов, А. Н. Котенко, И. П. Собкалов, А. П. Шиш (СССР). – №2519734/27-11; заявл. 06.09.77; опубл. 15.03.79, Бюл. № 10.
6. А. с. 742660 СССР, Кл². F 16 K 17/10. Клапан-пульсатор / Р. Д. Искович – Лотоцкий и др. (СССР). – №2551661/25-08; заявл. 12.12.77; опубл. 25.06.80, Бюл. № 23.
7. А. с. 724418 СССР, В 65 G 67/24. Навесное устройство для разгрузки и очистки полувагонов от остатков сыпучих грузов / Ю. Л. Корытько, А. Н. Котенко, Э. В. Шледевиц (СССР). – №2625855/27-11; заявл. 31.05.78; опубл. 30.03.80, Бюл. № 12.
8. А. с. 1312038 А1 СССР, В 65 G 67/24. Устройство для обрушения примерзшего груза со стенок емкостей / И. И. Лиштван, П. Н. Давидовский, В. И. Тановицкий, А. Л. Скрипниченко и др. (СССР). – №4047143/31-11; заявл. 31.03.86; опубл. 23.05.87, Бюл. № 19.
9. А. с. 1782898 А1 СССР, В 65 G 67/24. Самоходный вибратор / Д. И. Штейн, Э. Н. Морозов, Е. А. Иконников, В. Д. Москалев, В. И. Бех (СССР). – №4444400/11; заявл. 16.11.90; опубл. 23.12.92, Бюл. № 47.

10. Асейнов С. А. Исследование законов вибротранспортирования слоя насыпного груза: дис. ... кандидата техн. наук: 05.03.05 / Асейнов С. А. – М., 1973. – 220 с.
11. Бабаков И. М. Теория колебаний / И. М. Бабаков. – М. : Наука, 1968. – 559 с.
12. Бабичев А. П. Вибрационные станки для обработки деталей / А. П. Бабичев, В. Б. Трунин, Ю. В. Самодумский. – М. : Машиностроение, 1984. – 168 с.
13. Баранов В. Н. Электрогидравлические и гидравлические вибрационные механизмы / В. Н. Баранов, Ю. Е. Захаров. – М. : Машиностроение, 1977. – 326 с.
14. Батищев И. И. Механизация выгрузки навалочных грузов из бортовых автомобилей и автопоездов / И. И. Батищев, А. И. Прудниченков, А. С. Субботин. – М.: Харьков: Транспорт, 1972. – С. 91–120.
15. Бауман В. А. Вибрационные машины и процессы в строительстве / В. А. Бауман, Н. Н. Быховский. – М. : Высшая школа, 1977. – 255 с.
16. Башта Т. М. Машиностроительная гидравлика : справочник / Т. М. Башта. – М. : «Высшая школа», 1972. – 416 с.
17. Бидерман В. Л. Прикладная теория механических колебаний / В. Л. Бидерман. – М. : «Высшая школа», 1972. – 46 с.
18. Блехман И. И. Вибрационное перемещение / И. И. Блехман, Г. Ю. Джанилидзе – М. : Наука, 1964. – С. 25–30.
19. Блехман И. И. Действие вибраций на механические системы / И. И. Блехман. – Вибротехника, 1973. – № 3 (20) – 374 с.
20. Бочаров Ю. А. Гидропривод кузнечно-прессовых машин / Ю. А. Бочаров, В. Н. Прокофьев. – М. : «Высшая школа», 1969. – 248 с.
21. Бочаров Ю. А. Основы общей теории гидравлических кузнечно-штамповочных машин. Машины и технология обработки металлов давлением / Ю. А. Бочаров. – М., 1980. – С. 12–40. – (Тр. МВТУ № 335).
22. Булыга Ю. В. Разработка и исследование гидроимпульсного привода установки для виброабразивной очистки крупногабаритных деталей. Дис. ... кандидата. техн. наук : 05.02.03 // Булыга Юрий Владимирович – Винница, 1996. – 220 с.

23. Бутько В. С. Исследование гидравлических переливных клапанов прямого действия: дис. ... кандидата техн. наук : 05.03.02. // Бутько Василь Степанович. – К., 1970. – 158 с.
24. Бутько В. С. Динамический модуль объемной упругости минерального масла в состоянии поставки / В. С. Бутько, В. П. Якубович / Исследование эксплуатационных свойств авиаГСМ и спецжидкостей. – К. : КИИГА, 1986. – С. 52–58.
25. Быховский И. И. Основы теории вибрационной техники / И. И. Быховский. – М.: Машиностроение, 1969. – С. 115–119.
26. Васильев А. Н. Maple 8. Самоучитель / А. Н. Васильев. – М. : «Вильямс», 2003. – 352 с.
27. Векуа И. Н. Основы тензорного анализа и теории ковариантов / И. Н. Векуа. – М. : Наука, 1978. – 296 с.
28. Вибрационные машины в строительстве и производстве строительных материалов : справочник / Под ред. В. А. Баумана, Н. И. Быховского и Б. Г. Голдштейна. – М. : Машиностроение, 1970. – 548 с.
29. Вибрации в технике : справочник в 6-ти т. / Ред. Совет: В. Н. Челомей (пред.). – М. : Машиностроение, 1979. – Т. 2. Колебание нелинейных систем / Под ред. Н. И. Блехмана. – 351 с.
30. Вибрационные массообменные аппараты / И. Я. Городецкий, А. А. Васин, В. М. Олевский, П. А. Лупанов; под. ред. В. М. Олевского. – М. : Химия, 1980. – 255 с.
31. Власов В. З. Расчет оболочек вращения на произвольную несимметричную нагрузку. Проект и стандарт / В. З. Власов. – 1937. – № 3–4. – 98 с.
32. Ганиев Р. Ф. Динамика частиц при воздействии вибраций / Р. Ф. Ганиев, Л. Е. Украинский. – К. : Наукова думка, 1975. – 168 с.
33. Генератор імпульсів тиску для гідроімпульсних приводів технологічних машин : збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету / [Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, В. І. Томчук, М. Р. Обертюх]. – Кіровоград : КДТУ. – 2000. – Вип. 7. – С. 9–14.
34. Глушак Б. Л. Исследование прочности материалов при динамических нагрузках / Б. Л. Глушак, В. Ф. Куропатенко, С. А. Новиков. – Новосибирск : Наука, 1992. – 294 с.

35. Гольденвейзер А. Л. Теория упругих тонких оболочек / А. Л. Гольденвейзер. – М. : ГИТТЛ, 1953. – 544 с.
36. Гончаревич И. Ф. Теория вибрационной техники и технологии / И. Ф. Гончаревич, К. В. Фролов – М. : Наука, 1981. – 320 с.
37. Гончаревич И. Ф. Вибрация – нестандартный путь: вибрация в природе и технике / И. Ф. Гончаревич. – М. : Наука, 1986. – С. 29–52.
38. Джанколи Д. Физика: В 2-х т.; пер. с англ., Т. 1 / Д. М. Джанколи. – М. : Мир, 1989. – С. 163.
39. Есин Н. Н. Погружные пневматические машины ударного действия для бурения скважин / Н. Н. Есин. – Новосибирск : Наука, 1976. – 100 с.
40. Зарогатский Л. П. Инерционная дробилка КИД-1750 и перспективы использования дробилок этого типа. Обогащение руд / Л. П. Зарогатский, Н. А. Иванов, Г. А. Финкельштейн. – М. , 1982. – 182 с.
41. Заика П. М. Вибрационные зерноочистительные машины. Теория и расчет / П. М. Заика. – М. : Машиностроение, 1967. – 144 с.
42. Иванов М. Е. Новые гидроприводы технологических машин ударного действия / М. Е. Иванов, И. Б. Матвеев, И. А. Немировский. – К. : УкрНИИНТИ, 1971. – 37 с.
43. Иванов М. Е. Определение рабочих параметров гидравлической вибрационной площадки с вертикально направляющими колебаниями / М. Е. Иванов, И. В. Коц // Гидропривод и гидропневмоавтоматика. – К., 1982. – Выпуск 16. – С. 61–65.
44. Иващенко В. В. Влияние инерционного нагружения на процесс вибрационного уплотнения порошковых материалов / В. В. Иващенко // Порошковая металлургия. – 1972. – № 5. – С. 18–21.
45. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И. Е. Идельчик. – М. : Машиностроение, 1975. – 559 с.
46. Иориш Ю. И. Виброметрия. Измерение вибраций и ударов. Общая теория, методы и приборы / Ю. И. Иориш. – М. : Машиностроение, 1963. – 771 с.
47. Искович-Лотоцкий Р. Д. До питання синтезу схем гідроімпульсних вібромашин з декількома робочими ланками /

Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх // Вісник Вінницького політехнічного інституту – 1994. – № 1(2) – С. 82–88.

48. Іскович-Лотоцький Р. Д. Дослідження динаміки гідроімпульсного привода вібраційної розкочувальної машини / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, В. І. Томчук / Прогресивные технологии и системы машиностроения. – Донецк : ДонГТУ, 2000. – Выпуск № 12. – С. 42–52.

49. Іскович-Лотоцький Р. Д. Експериментальні дослідження режимів роботи вібромашин із клапанним генератором імпульсів тиску / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, М. Р. Архипчук // Промислова гідравліка і пневматика. – 2005. – № 1(7). – С. 83–88.

50. Іскович-Лотоцький Р. Д. Застосування вібраційного гідроімпульсного привода в сільськогосподарському виробництві / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Я. В. Іванчук // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. Технічні науки. – Вінниця, 2006. – № 1. – С. 178–181.

51. Іскович-Лотоцький Р. Д. Дослідження динаміки процесу роботи віброударної головки бурильної установки з гідроімпульсним приводом / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Я. В. Іванчук // Вібрації в техніці і технологіях. – 2006. – № 1(43). – С. 49–51.

52. Іскович-Лотоцький Р. Д. Дослідження динаміки процесу роботи універсального гідравлічного віброудраного привода для розвантаження транспортних засобів / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Я. В. Іванчук // Наукові нотатки (Луцький державний технічний університет). – Луцьк, 2007. – № 20. – С. 184–187.

53. Іскович-Лотоцький Р. Д. Розробка та дослідження гідроімпульсного привода вібророзвантажувача автомобіля-самоскида / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Я. В. Іванчук // Промислова гідравліка і пневматика (Вінницький державний аграрний університет, Асоціація спеціалістів промислової гідравліки і пневматики). – 2008. – № 1(19). – С. 96–99.

54. Іскович-Лотоцький Р. Д. Застосування вібраційного гідроімпульсного привода в будівельних і дорожніх машинах / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Я. В. Іванчук // Збірник наукових праць Харківської державної академії залізничного транспорту. – Харків, 2008. – № 88. – С. 48–54.

55. Искович-Лотоцкий Р. Д. Підвищення ефективності розвантаження матеріалів під дією періодичних ударних імпульсів / Р. Д. Искович-Лотоцкий, Я. В. Иванчук // Вібрації в техніці і технологіях. – 2008. – № 2(51). – С. 8–11.

56. Искович-Лотоцкий Р. Д. Машины вибрационного и виброударного действия / Р. Д. Искович-Лотоцкий, И. Б. Матвеев, В. А. Крат. – К. : Техніка, 1982. – С. 35–87.

57. Искович-Лотоцкий Р. Д. Вибрационные процессы : Обзор / Р. Д. Искович-Лотоцкий, И. Б. Матвеев. – М. : НИИМаш, 1979. – 50 с.

58. Использование клапанов-пульсаторов в гидроприводах испытательных вибростендов : Третья республиканская научно-техническая конференция «Повышение эффективности и качества систем гидропневмоавтоматики» – К.: РДНТП, 1977. – С. 20.

59. Искович-Лотоцкий Р. Д. Машины вибрационного и виброударного действия / Р. Д. Искович-Лотоцкий, И. Б. Матвеев, В. А. Крат. – К. : Техника, 1982. – 208 с.

60. Искович-Лотоцкий Р. Д. Основы теории расчета и разработка процессов и оборудования для виброударного прессования заготовок изделий из порошковых материалов: дис. доктора. техн. наук: 05.03.05./ Р. Д. Искович-Лотоцкий. – М., 1987. – 424 с.

61. Кармазин В. Д. Техника и применение вибрирующего слоя / В. Д. Кармазин. – К. : Наукова думка, 1977. – 200 с.

62. Кармугин Б. В. Клапанные уплотнения пневмогидроагрегатов / Б. В. Кармугин, Г. Г. Стратиневский, Д. А. Мендельсон. – М. : Машиностроение, 1983. – 152 с.

63. Кобринский А. Е. Виброударные системы / А. Е. Кобринский, А. А. Кобринский. – М. : Наука, 1973. – 194 с.

64. Коваленко И. Н. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие / И. Н. Коваленко, А. А. Филиппова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. школа, 1982. – 256 с.

65. Кондаков Л. А. Рабочие жидкости и уплотнения гидравлических систем / Л. А. Кондаков . – М. : Машиностроение, 1982. – 216 с.

66. Корн Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) / Г. Корн , Т. Корн. – М. : Наука, 1973. – 832 с.

67. Кошкин Н. И. Справочник по элементарной физике / Н. И. Кошкин, М. Г. Ширкевич. – М., 1975. – 256 с.

68. Крюков Б. И. Вынужденные колебания существенно нелинейных систем / Б. И. Крюков. – М. : Машиностроение, 1984. – 234 с.
69. Кузьмичев В. Е. Законы и формулы физики / В. Е. Кузьмичев; отв. Ред. В. К. Тартаковский. – К. : Наукова думка, 1989. – 864 с.
70. Ландау Л. Д. Механика / Л. Д. Ландау, Е. М. Ливши; Под ред. Л. П. Питаевского. 5-е изд., стер. – М. : Физматлит, 2001 – 233 с.
71. Левшина Е. С. Электрические измерения физических величин (Измерительные преобразователи) : Учебн. пособие для вузов / Е. С. Левшина, П. В. Новицкий. – Ленинград : Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1983. – 230 с.
72. Леневиц В. П. Расчет и моделирование гидроприводов станков с применением ЭВМ / В. П. Леневиц, В. Ф. Горошко. – Минск : Высшая школа, 1981. – 158 с.
73. Малинин Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. Учебн. для студентов вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Н. Н. Малинин. – М. : Машиностроение, 1975. – 400 с.
74. Матвеев И. Б. Новые виды элементов управления гидроимпульсным приводом / И. Б. Матвеев, Р. Д. Искович-Лотоцкий. – Вестник машиностроения, 1976. – № 3. – С. 19–21.
75. Матвеев И. Б. Гидропривод машин ударного и вибрационного действия / И. Б. Матвеев. – М. : Машиностроение, 1974. – 184 с.
76. Машиностроительный гидропривод / [Л. А. Кондаков, Г. А. Никитин, В. Н. Прокофьев и др.], Под ред. В. Н. Прокофьева. – М. : «Машиностроение», 1978. – 495 с.
77. Математическая теория планирования эксперимента / [С. М. Ермаков, В. З. Бродский и др.] ; под. ред. С. М. Ермакова. – М. : Наука, 1983. – 392 с.
78. Матвеев И. Б. Дистанционный вибровозбудитель с клапаном-пульсатором прямого действия / И. Б. Матвеев, В. П. Якубович // Гидропривод и гидропневмоавтоматика. – К., 1979. – Вып. 15. – С. 90–94.
79. Никольский Л. Н. Об ударных нагрузках, воспринимаемых вагоном на сортировочных горках / Л. Н. Никольский, Н. А. Костенко, Г. Л. Зенков // Вестник ЦНИИ МПС, 1967. – № 1. – С. 56–70.
80. Носков Ю. А. Механизация и устройства для очистки полувагонов от остатков насыпных грузов / Ю. А. Носков, Н. И. Батраков. – М. : ЦНИИТЭМС, 1968. – 56 с.

81. Обертюх Р. Р. Разработка методики проектного расчета и создание новой конструкции вибропресса для прессования металлопорошковых заготовок в капсулах при возвратно-винтовом движении вибростола. Дис. ... кандидата. техн. наук : 05.03.05 Обертюх Роман Романович. – М., 1986. – 313 с.

82. Оборудование и технологические процессы и использование электрогидравлического эффекта / Под ред. Г. А. Гулого. – М. : Машиностроение, 1977. – 320 с.

83. Опирский Б. Я. Новые вибрационные станки: Конструирование и расчет / Б. Я. Опирский, П. Д. Денисов. – Львов : Світ, 1991. – 160 с.

84. Откольное разрушение металлов в режиме быстрого объемного разогрева : Обзор / [А. Я. Учаев, Е. К. Бонюшкин, С. А. Новиков, Н. И. Завода]. – М.: ЦНИИАтоминформ, 1991. – 84 с.

85. Пановко Я. Г. Введение в теорию механического удара / Я. Г. Пановко. – М. : Наука, 1977. – 224 с.

86. Пановко Я. Г. Введение в теорию механических колебаний: Ученик для вузов / Я. Г. Пановко. – М. : Высшая школа, 1980. – 408 с.

87. Пат. 9583 Україна, МПК F 15 В 15/26. Вібраційний гідроциліндр/ Р. Д. Іскович-Лотоцький, Я. В. Іванчук. – № u 200504193; заявл. 04. 05. 2005; опубл. 30. 08. 05, Бюл. № 11.

88. Пат. 22795 Україна, МПК В 65 G 67/32. Вібраційний високочастотний пристрій для для розвантаження і очищення кузовів автомобілів-самоскидів / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, Я. В. Іванчук. – № u200613724; заявл. 25.12.2006; опубл. 25.04.2007, Бюл. №5.

89. Писаренко Г. С. Справочник по сопротивлению материалов / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – К. : «Наукова думка», 1975 – 705 с.

90. Пономарчук А. Ф. Исследование и разработка пневматических буровых машин ударного действия (для горнорудной промышленности): дис. доктора техн. наук: 05.05.06. / А. Ф. Пономарчук. – Кривой Рог, 1975. – 318 с.

91. Порошковая металлургия жаропрочных сплавов и тугоплавких материалов / [В. С. Раковский, А. Д. Силаев, В. И. Ходкин и др.]. – М. : Металлургия, 1984. – 184 с.

92. Потураев В. Н. Вибрационные транспортирующие машины / В. Н. Потураев, В. П. Франчук, А. Г. Червоненко. – М.: Машиностроение, 1964. – 222 с.

93. Проектний розрахунок двокаскадних генераторів імпульсів тиску гідроімпульсних приводів технологічних машин / [Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, М. Р. Обертюх, В. І. Томчук] // Весник НТУ «Харьковский политехнический институт». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2001. – С. 10–22.

94. Радионченко А. А. Вибротерапия в гинекологии / А. А. Радионченко, А. Я. Креймер. – Томск: Изд-во Том. уп-та, 1981. – 155 с.

95. Разрушение деформируемых сред при импульсных нагрузках / [Б. Л. Глушак, С. А. Новиков, А. И. Рузанов, А. И. Садырин]. – Нижний Новгород: Нижегородский ун-т, 1992. – 192 с.

96. Разработка научных основ теории и расчета и экспериментальное исследование импульсных устройств с пневмо- и гидроприводом для интенсификации технологических процессов строительных, горных и других производств: Отчет о НИР (заключит.) // Винницкий государственный технический университет (ВГТУ); №0195 и 025140. – Винница, 1997. – 139 с.

97. Ребрик Б. М. Бурение скважин при инженерно-геологических изысканиях / Б. М. Ребрик. – М.: Недра, 1979. – 210 с.

98. Розробка та дослідження спеціальної контрольно-розподільної апаратури та арматури гідроімпульсного привода: Заключний звіт // Вінницький державний технічний університет, Міністерство освіти і науки України; керівник Р. Д. Іскович-Лотоцький. № ДР 0100V002927. – Київ, 2001. – 89 с.

99. Рудь В. Д. Якісний аналіз схем віброформування сипучих матеріалів / В. Д. Рудь / Наукові нотатки. – Луцьк: ЛДТУ. – 2002. – Випуск 11. – С. 245–248.

100. Севостьянов Б. А. Курс теории вероятностей и математической статистики / Б. А. Севостьянов. – М.: Наука, 1982. – 256 с.

101. Ситников Б. Т. Расчет и исследование предохранительных и переливных клапанов / Б. Т. Ситников, И. Б. Матвеев. – М.: Машиностроение, 1972. – 129 с.

102. Справочник по гидроприводам горных машин / [В. Ф. Ковалевский, Н. Т. Железняков, Ю. Е. Бейлин и др]. – М. : Недра, 1973. – 501 с.
103. Стасюк В. М. Визначення миттєвих значень ефективних площ конструктивних елементів пневмомеханічних систем приводів віброударних машин / В. М. Стасюк // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2005. – № 3 (31). – С. 367–373.
104. Чупраков Ю. И. Гидропривод и средства гидроавтоматики / Ю. И. Чупраков. – М. : Машиностроение, 1979. – 232 с.
105. Шкаликов В. С. Измерение параметров вибрации и ударов : Учебное пособие для ВИСМ / В. С. Шкаликов. – М. : Из-во стандартов, 1980. – 280 с.
106. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление: учеб. для физич. спец. ун-тов / Л. Э. Эльсгольц. – М. : Наука, 1969. – 233 с.
107. Юшков В. В. Обработка клапанов и седел двигателей / В. В. Юшков, Ю. А. Толкачев / Автомобильный транспорт. – 1995. – № 3. – С. 45–47.
108. Якубович В. П. О возможностях применения однокаскадного клапана в режиме пульсатора / В. П. Якубович // Реферативная информация о НИР в вузах УССР. – К. : Вища школа, 1978. – Вып. 21. – С. 3–4.
109. Яхно О. М. Регулирование гидродинамических характеристик потока вязкой жидкости в механических системах / О. М. Яхно, В. З. Аверин, Д. Д. Рябинин. – К. : Знание, 1982. – 26 с.
110. Яхно О. М. Гидромеханика в инженерной практике / А. А. Каминер, О. М. Яхно. – К. : Техніка, 1987. – 174 с.
111. Яхно О. М. Гідравліка неньютонівських рідин : навчальний посібник / О. М. Яхно, В. І. Желяк. – К. : Вища школа, 1995. – 199 с.
112. Claxton R. A. and Saunders G. G. Vibratory stress relief / R. A. Claxton // The Metallurgist and Materials Technologist. – 1976. – V. 8–12., P. 651–656.
113. Dynamics of transient processes in hydroimpulsive drives / [R. Iskovich-Lototkiy, R. Obertuh, Y. Bulyha, M. Arkhipchuck] // Buletinul Institutului Politehnic din Iasi. Tomul XLVI (L) Fasc. 3-4. 2000. Stiinta si Ingineria Materialeror. – P. 15–20.

114. Gutman I. Industrial uses of mechanical vibrations / Gutman I. – London, 1968. – P. 45–63.

115. H. Kuchling. Physik. Nachschlagebücher für Grundlagenfächer. 15. Auflage. – Leipzig : VEB Fachbuchverlag, 1980. – 520 S.

116. M. J. Crocker, Encyclopedia of Acoustics / M. J. Crocker. – , John Wiley & Sons, Inc., 1997.

117. Modellierung der directen Abtrift von Pflanzenschutzmitteln – Pflanzenschutzgeraete fuer Flaechenkulturen / Kaul P., Gebauer S., Neukampf R., Ganzelmeier H. // Nachrichtenblatt Deutschen Pflanzenschutzdienst 48. – 1996. – 21–31.

118. Mote C. D. Theoretical and Experimental Band Saw Vibration / Mote C. D., Naguleswaran S. Jr. – London : 1993. – 66 p.

119. Reddy J. N. Dynamic (transient) analysis of layered anisotropic composite-material plates / J. N. Reddy // Int. J. Num. Meth. Engng. – 1983. – V. 19. – P. 237–255.

120. Structure and organization of the automated systems of designing works «hydraulic impulse drive» / R. Iskovich-Lototkiy, R. Obertuh, Y. Bulyha, M. Arkhipchuck // Buletinul Institutului Politehnic din Iasi. Tomul XLVIII (LII) Fasc. 3-4. 2002. Stiinta si Ingineria MAterialelor/ – P. 187–191.

121. The critical axial compression of s bar? For all possible positive and negative and fixities // Contributions to Applied Mechanics. Reissner Anniversary Volume, ed. J. W. Edwards. Ann Arbor, 1995, P. 56–112.

122. Z. A. Stotsko Intensification of processes of strengtening machine parts by volumetric vibration treatment / Z. A. Stotsko, B. I. Sokil, V. H. Topilnytskiy // III International Conference Transport Systems Telematics TST'03, 13-15 November 2003, Kaatowice – Ustron, Poland, s. 73, 493–504.

Наукове видання

**Іскович-Лотоцький Ростислав Дмитрович
Іванчук Ярослав Володимирович**

**ВІБРАЦІЙНІ ТА ВІБРОУДАРНІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ
РОЗВАНТАЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Монографія

Редактор Н. Мазур

Оригінал-макет підготовлено Я. Іванчуком

Підписано до друку 16.05.2012 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. др. Арк. 9,01
Наклад 100 прим. Зам № 2012-070

Вінницький національний технічний університет,
КІВЦ ВНТУ,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-85-32.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті,
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-81-59
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.