

Отже, запропонована узагальнена класифікація завдань повинна являти визначену цінність, як кваліфікаційні основи з «Процесів, апаратів і машин галузі», тому що дозволяє не випустити з уваги ті види завдань, що можуть виявитися корисними для підвищення ефективності професійної підготовки всіх виділених згрупованих цих фахівців.

Література

1. Зубарев, Ю. М. Модернизация машиностроения зависит от уровня подготовки специалистов [Текст] / Ю. М. Зубарев // Высшее образование сегодня. — 2011. — № 5. — С. 5–9.
2. Капитонова, К. А. Структура базовых представлений и содержание профессионального образования в машиностроении [Электронный ресурс] / К. А. Капитонова, А. И. Гуревич // Современные научные исследования и инновации. — 2012. — № 7. — Режим доступа: \www/URL: http://web.snauka.ru/issues/2012/07/15824
3. Мирошниченко, И. В. Методика классификации статистических измерительных задач при проектировании систем обработки экспериментальных данных [Текст] / И. В. Мирошниченко // Молодой ученый. — 2015. — № 4. — С. 11–15.
4. Гаврицька, М. Класифікатор професій ДК 003:2010 [Текст] / М. Гаврицька та ін. — К.: Соціформ, Держспоживстандарт України, 2010. — 746 с.
5. Коваленко, Е. Э. Логические основы формирования учебного материала [Текст]: учебн. пос. / Е. Э. Коваленко, Н. А. Брюханова. — Харьков, 1998. — 140 с.
6. Казак, І. О. Науково-педагогічні засади розробки методики застосування навчальних завдань у процесі вивчення спеціальної дисципліни «ТЕС і АЕС і установки» [Текст]: зб. наук. пр. / І. О. Казак // Проблеми інженерно-педагогічної освіти. — 2011. — Вип. 32–33. — С. 178–183.
7. Казак, І. О. Врахування специфіки професійних обов'язків інженерів-механіків у дисципліні «Процеси, апарати і машини галузі» [Текст] / І. О. Казак // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». — 2014. — № 2(13). — С. 13–17.

8. Уман, А. И. Учебные задания и процесс обучения [Текст] / А. И. Уман. — М.: Педагогика, 1989. — 54 с.
9. Коваленко, І. В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв [Текст]: підручник / І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. — К.: Інрес, Воля, 2006. — 261 с.
10. Коваленко, І. В. Навчальні дослідження процесів, машин та апаратів хімічних виробництв [Текст]: навч. посіб. / І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. — К.: Норіта-плюс, 2006. — 160 с.
11. Коваленко, І. В. Розрахунки основних процесів, машин та апаратів хімічних виробництв [Текст]: навч. посіб. / І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. — К.: Норіта-плюс, 2007. — 212 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ ОСНОВ В «ПРОЦЕССАХ, АППАРАТАХ И МАШИНАХ ОТРАСЛИ» ДЛЯ ИНЖЕНЕРА-МЕХАНИКА ХИМИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

В статье освещена проблема специальной подготовки высококвалифицированных инженеров-механиков химического машиностроения. Исследованы квалификационные основы в заданиях по «Процессам, аппаратам и машинам отрасли» для будущих инженеров-механиков по направлению «Машиностроение». Обоснована и разработана классификация учебных заданий, которую целесообразно применять по «Процессам, аппаратам и машинам отрасли» для более эффективной подготовки инженеров-механиков химических производств.

Ключевые слова: химическое машиностроение, процессы, аппараты, машины отрасли, классификация, задания, применение, инженер-механик.

Казак Ірина Олександрівна, кандидат педагогічних наук, доцент, кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: AsistentIA@meta.ua.

Казак Ірина Александровна, кандидат педагогических наук, доцент, кафедра химического, полимерного и силикатного машиностроения, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.

Kazak Irina, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: AsistentIA@meta.ua

УДК 791.7:665

DOI: 10.15587/2312-8372.2016.60260

Гуць В. С.,
Коваль О. А.

ПРОЕКТУВАННЯ ГРАВІТАЦІЙНИХ АТРАКЦІОНІВ

Розглянуто та проаналізовано режими руху, сили, що діють на користувачів гірок, атракціонів з метою визначення безпечних швидкостей і оптимальних геометричних розмірів при їх проектуванні. Запропоновано математичні моделі — диференціальні рівняння руху, отримані в результаті аналізу діючих на спусковий об'єкт сил.

Ключові слова: атракціони, розрахунок спуску, гравітаційні спуски, рівняння руху.

1. Вступ

Ринок розваг зростає, видозмінюється, фахівці індустрії розваг в даний час виділяють оздоровчий напрям. Особливу увагу слід приділяти сімейному відпочинку. Особливу роль, що об'єднує всі покоління у всьому цивілізованому світі відіграють аквапарки. Стрімкий технічний прогрес, економічні, політичні катастрофи стали підґрунтям для різного роду стресів, що згубно впливають як на фізичний, так і на психічний стан людини. Аквапарк одне з небагатьох чарівних місць, де можна

залишити хоч на декілька годин всі повсякденні нещастя, турботи і поринути у світ незабутніх відчуттів і вражень. Такий відпочинок підійде всім членам родини, адже для дітей передбачено спеціальні дитячі басейни зі своїм комплексом гірок, фонтанів; для молодих компаній, що прагнуть гострих відчуттів та нових яскравих вражень — плавальні басейни; різноманітні екстремальні водні гірки європейського рівня; для людей поміркованих — басейн з гідромасажем і джакузі, невеличкі розважальні гірки. Сучасні світові тенденції будівництва та умови функціонування світової економіки диктують нові пріоритети

та напрями розвитку індустрії розваг. Для залучення відвідувачів ресторанів і жителів готелів, розширення послуг відпочиваючих будують різні за призначенням зони відпочинку, атракціони, басейни: демонстраційні, спортивні, оздоровчі, лікувальні комбіновані. Розважальні комплекси з плавальними басейнами обладнані гравітаційними спусками можуть стати одночасно і цікавим проведенням дозвілля, і місцем групової активності, і лікувально-профілактичним заходом. Особливий інтерес представляють аквапарки з басейнами, трамплінами, гірками, підводними гейзерами, що робить відпочинок більш цікавим, насиченим емоційно.

Цим обґрунтовується актуальність проведеного дослідження.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Завданням, що стоїть перед розробниками, конструкторами, обслуговуючим персоналом є оптимізація емоційного стану відпочиваючих, підвищення надійності, безпеки та отримання економічно обґрунтованих експлуатаційних характеристик атракціонів на основі гравітаційних спусків.

Аналіз публікацій показав, що дослідженням різнобічних питань індустрії розваг та управління присвячені праці учених, як закордонних, так і вітчизняних. Зокрема Н. Нагапетьянц, О. Сабетова займаються дослідженням розвитку та використання маркетингу індустрії відпочинку і розваг [1]. Аналізу тенденції розвитку індустрії розваг присвячені праці В. Стальна [2]. Г. Леонова, Н. Гузь займаються загальною класифікацією послуг розваг [3]. В. Горягін обґрунтовує необхідність створення сучасного парку розваг у великих містах [4] з водними атракціонами. І. Ю. Мартинов [5] запропонував класифікацію аквапарків, запропонував поділити аквапарк на зони за асортиментними групами:

1. Активна зона, де передбачено групу водних гірок, серфінг, «дика річка».

2. Зона розваг з хвилювим басейном, інтерактивними фонтанами, водоспадами, «повільною річкою».

3. Wellness зона, де передбачено гідромасажні басейни, термальні спа, сухо-повітряні сауни, парові лазні.

Центром й найбільш відвідуваною зоною аквапарку є швидкісна водна гірка з ефектом вільного падіння у воду, що більш детально буде вивчатися далі.

3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єкт дослідження — механізм руху різних матеріальних об'єктів по гравітаційному спуску.

Мета дослідження полягає у розвитку і вдосконаленні теорії руху матеріальних об'єктів по гравітаційних спусках, практичному застосуванні її для визначення оптимальних режимів руху, які гарантують безпеку відпочиваючих.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі *задачі*:

1) проаналізувати існуючі методи розрахунку, нормативні акти з експлуатації гравітаційних транспортних систем;

2) розробити математичні моделі руху по гравітаційному прямому спуску; фінішної частини гірки; гравітаційного спуску заокругленої форми;

3) розробити методи розрахунку гравітаційних спусків, виконати оптимізацію режимів руху об'єктів на гравітаційних спусках;

4) дати практичні рекомендації проектування та безпечної експлуатації гравітаційних атракціонів.

4. Методи досліджень

В роботі використано аналітичне, математичне моделювання руху об'єкта по різним поверхням із застосуванням методів символічної комп'ютерної математики.

5. Результати досліджень проектування гравітаційних атракціонів

Забезпечення безпеки відвідувачів аквапарків є важливим соціальним і одночасно складним інженерно-технічним завданням. Відвідувачі водно-розважальних, оздоровчих комплексів піддаються ризику, адже на водних атракціонах розважальний ефект створюється двома шляхами: через емоційний і фізичний стан людини в результаті руху, при зміні швидкості і напрямку руху та завдячуючи водному ареалу басейну. В Україні сьогодні немає офіційної статистики про нещасні випадки в аквапарках та інших водно-розважальних та оздоровчих комплексах. На жаль, інформація щодо пригод при експлуатації водних атракціонів, пов'язана із заподіянням шкоди здоров'ю, недоступна для аналізу та обговорення. У поширенні такої інформації не зацікавлені ні проектувальники, ні виробники, ні експлуатанти водних атракціонів і аквапарків. Тому стосовно їхньої безпеки для відвідувачів може скластися невірне враження про відносно благополуччя ситуації. Хоча статистика нещасних випадків від Всесвітньої організації охорони здоров'я говорить про зворотне.

Великогабаритні конструкції, водойми різних глибин, екстремальні атракціони зі складними пристроями, одночасне перебування в аквапарку декількох тисяч відвідувачів несуть підвищену небезпеку. Саме тому ще на етапі розробки концепції і наступних проектних робіт слід враховувати і закладати надійні елементи безпеки конструктивні (надійне обладнання і бездоганний монтаж) і організаційно-захисні (комплекс заходів).

Технічна політика безпеки аквапарків будується на базі нормативних документів — стандартів, які регламентують характеристики безпеки в індустрії водних розваг. Розробкою та впровадженням їх сприяють авторитетні міжнародні організації. Серед них:

Міжнародна асоціація парків і атракціонів (IAAPA);

Міжнародна асоціація аквапарків (WWA);

Європейська асоціація постачальників індустрії розваг (EAASI);

Європейська асоціація аквапарків (EWA) [6];

Американське суспільство по випробуванню матеріалів (ASTM);

Європейський комітет зі стандартизації (CEN).

Для популяризації та розширення екологічного, безпечного водно-розважального ринку в Україні створена Асоціація Аквапарків України (ААУ), яка є повноправним сертифікованим членом Всесвітньої Асоціації аквапарків (WWA) з 2004 р. ААУ — організатор розробки нормативної документації та Стандартів України.

Національні стандарти розроблялися і приймалися з урахуванням основних нормативних положень аналогічних стандартів EN (Європейського Союзу EN 1069-1, EN 13451, EN 13814).

Вони чітко регламентують вимоги і характеристики, щодо безпеки в аквапарку і обумовлюють методи і способи випробувань. Одночасно враховують специфіку кожної країни, з наступними пріоритетними напрямками:

- вимоги безпеки до басейнів і водних атракціонів на етапах проектування, експлуатації, документації по експлуатації водних атракціонів, аквапарків в цілому;
- правила безпечної поведінки відвідувачів на водних атракціонах і в аквапарку в цілому;
- вимоги до технічного персоналу і персоналу, який обслуговує відвідувачів аквапарку.

Національні Асоціації розробляють та впроваджують Системи добровільної сертифікації аквапарків, басейнового обладнання і водних атракціонів.

Таким чином, безпека в аквапарках забезпечується нормативними документами, експертизою проектів, перевіркою технічного стану та сертифікацією відповідності всім вимогам безпеки при експлуатації атракціонів, басейнів, якості пропонованого сервісного обслуговування і, в кінцевому рахунку, рівня безпеки відвідувачів аквапарків.

У 1984 р. Америка відзначає соту річницю з дня початку експлуатації першої гірки залізної, що споруджена на Коні-Айленд. Роберт Картмелл в своїй книжці розглядає кожну фазу історії гірки [7].

В Америці існує ціла індустрія аквапарків, відповідно мають місце Інтернет-портали для отримання вище зазначених новин [8]. Деякі новини аквапарків публікує журнал «Популярная механика» [9].

Аналіз літературних джерел щодо розрахунків параметрів гравітаційних спусків показав, що безпосередньо парками атракціонів як в Україні, так і в Росії уваги не приділяють, але на суміжних напрямках є відповідні здобутки.

Зокрема Бут С. А. досліджував процеси переміщення вантажів в гравітаційних полях для гравітаційних опускних криволінійних, жолобчастих, жолобчастих поворотних і підйомно-опускних пристроїв. Виконано аналітичне моделювання на основі рівнянь руху, окремі положення, пов'язані з теоретичними моделями, пройшли експериментальну перевірку. Але дослідження не враховували початкову швидкість пересування об'єкта, що переміщається, вплив додаткових опорів, зокрема вітрових навантажень [10].

В. А. Кобзев, С. Н. Шмаль запропонували новий метод розрахунку параметрів профілю сортувальних гірок залізничних технічних станцій, що дозволяє враховувати взаємозв'язок параметрів гірки з умовами розпуску рухомих складових потягів. В роботі [11] розглянуто рух матеріальної системи по похилій поверхні з урахуванням сил тертя кочення, яке пропорційне масі, сили в'язкого тертя, швидкості.

Швидкісна гірка як водна, так і безводна представляє собою гравітаційний спуск, своєрідний гравітаційний транспорт, який здійснює рух відвідувачів під дією сили тяжіння по похилому транспортуєчому жолобу лінійного профілю, заокругленої форми або подібні до гвинтового спуску.

Зазвичай [12] при розрахунку гравітаційних спусків визначають середню і максимальну швидкості руху

об'єкта на окремих ділянках. Наближено середня швидкість V_{cp} руху об'єкта, розраховують за формулою:

$$V_{cp} = l/t,$$

де l — довжина траси спуску, м; t — тривалість спуску по трасі, с.

В розрахунках знаходять середній нахил траси спуску x , який виражається у відсотках і розраховується за формулою:

$$x = 100h/l,$$

де h — висота гірки, м; l — довжина траси спуску без довжини зони фінішу, якщо вона горизонтальна, м.

Як правило, розрахунок максимальних швидкостей проводять в основному за емпіричними залежностями або спрощеним рівнянням руху, що значно впливає на їх точність і не відповідає сучасним вимогам безпеки.

Авторами запропонований науково обґрунтований метод розрахунку гравітаційних спусків і показана можливість його практичного застосування. Для побудови математичної моделі механізму спуску визначені диференціальні рівняння руху, досліджено залежності, отримані в результаті аналізу діючих на об'єкт сил. Застосування методів символічної комп'ютерної математики дає можливість виконати розрахунки як окремих елементів спуску, так і його конструкції в цілому, побудувати графіки багатофакторних зв'язків (3d). На основі аналізу диференціальних рівнянь руху визначають траєкторії, швидкості руху різних за розмірами, формою і поверхневими властивостями об'єктів.

Для гравітаційних атракціонів [12, 13], з точки зору безпеки, найбільш важливим є визначення швидкості руху в його кінцевій фінішній точці. Вона не повинна перевищувати граничні величини, які залежать від умов приземлення — висоти кінцевої частини спуску над поверхнею приземлення, її стану (земля, вода, м'які мати, настили та ін.). Гранична швидкість руху нормується. Вона залежить від профілю траси, форми і поверхні жолоба, наявності та кількості води, що подається, деяких інших факторів.

6. Розрахунок параметрів гравітаційного спуску

Розглянемо простий і популярний атракціон на базі гравітаційного спуску, що складається з прямолінійних нахилених під різними кутами до горизонту ділянок. Визначимо режими руху на цих ділянках.

Так як визначальною з точки зору безпеки є кінцева частина спуску, розглянемо рух об'єкта на цій прямолінійній ділянці гравітаційного спуску. Вважаємо кінцеву частину спуску прямим жолобом, нахиленим під кутом α до горизонту.

Об'єкт (умовний відвідувач) потрапляє на прямолінійну фінішну нахилену поверхню з початковою швидкістю V_1 . Сили, що діють на об'єкт масою m , який рухається по спуску нахиленому під кутом α до горизонту, — це сили скачування, інерції Ньютона, тертя.

Диференціальне рівняння руху буде мати вигляд:

$$m \frac{d^2 S}{dt^2} - mg \sin \alpha + fmg \cos \alpha = 0, \quad (1)$$

де $mg \sin \alpha$ — сила скачування; $m \frac{d^2 S}{dt^2}$ — сила інерції

Ньютона; $fmg \cos \alpha$ — сила тертя; S — шлях ковзання; f — коефіцієнт тертя; m — маса об'єкта.

Розглянемо випадок, коли коефіцієнт тертя не залежить від швидкості руху $f = \text{const}$. Розв'язання рівняння (1) при початкових умовах $t = 0 \Rightarrow S(t) = 0$; $ds/dt = V_1$ буде мати вигляд:

$$S(t) = \frac{1}{2}(g \sin \alpha - fg \cos \alpha)t^2 + V_1 t. \quad (2)$$

Виконавши диференціювання рівняння (2), знайдемо швидкість ковзання:

$$V = (g \sin \alpha - fg \cos \alpha)t + V_1. \quad (3)$$

З рівнянь (2), (3) можна знайти дві величини задавши однією з трьох невідомих — кутом нахилу спуску α до горизонту, довжиною S траси ковзання, тривалістю t ковзання, за умови, що об'єкт масою m :

- просунеться на відстань $S(t)$;
- зупиниться;
- продовжить рух до зупинки.

Як правило, кінцева фінішна частина спуску розташовується горизонтально чи під невеликим кутом, зупинка об'єкта відбудеться у випадку $V = 0$ або коли швидкість наближається до нуля. Тоді рівняння (3) перепишемо у вигляді:

$$\sin \alpha = f \cos \alpha - \frac{V_1}{gt}. \quad (4)$$

Для малих кутів α , приблизно маємо:

$$\alpha = f - \frac{V_1}{gt}. \quad (5)$$

Наприклад, коли коефіцієнт тертя $f = 0,3$, зв'язок між початковою швидкістю V_1 , кутом нахилу α та тривалістю руху t до зупинки, можна представити графічно. На рис. 1 представлено функціональний зв'язок між початковою швидкістю V_1 , кутом нахилу α до горизонту та тривалістю руху t до зупинки об'єкта при сталому значенні коефіцієнта тертя 0,3.

Аналіз залежності, що представлено на рис. 2, свідчить, що при максимальній початковій швидкості 8,4 м/с при нульовому куті нахилу кінцевого відрізка траси спуску, зупинка відбудеться через три секунди. Інші залежності можна прослідити, встановивши парні зв'язки.

Функціональний зв'язок між початковою швидкістю V_1 , кутом нахилу α для випадку зупинки при значенні коефіцієнта тертя $f = 0,3$ представлено на рис. 3. Тривалість спуску при сталому значенні коефіцієнта

тертя f , нульовому куті нахилу залежить від початкової швидкості пересування. Так зупинка об'єкта, що спускається, відбудеться через 3 с при початковій швидкості спуску $V_1 = 8,4$ м/с, через 2,5 с при початковій швидкості $V_1 = 7,2$ м/с, та через 2 с при початковій швидкості $V_1 = 6$ м/с.

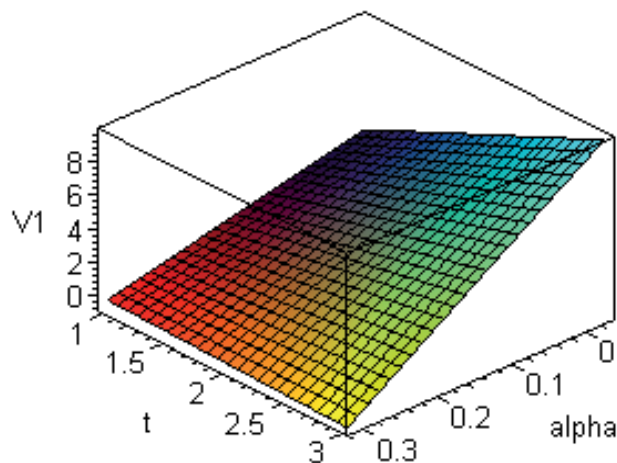


Рис. 1. Функціональний зв'язок між початковою швидкістю V_1 , кутом нахилу α до горизонту та тривалістю руху t до зупинки об'єкта

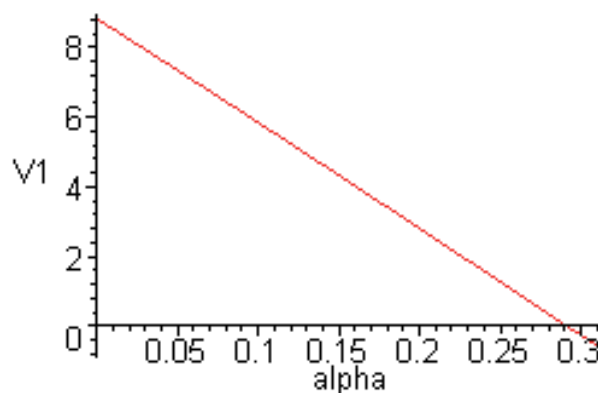


Рис. 2. Функціональний зв'язок між початковою швидкістю V_1 , що дорівнює 8,4 м/с, кутом нахилу α для випадку зупинки об'єкта при значенні коефіцієнта тертя $f = 0,3$

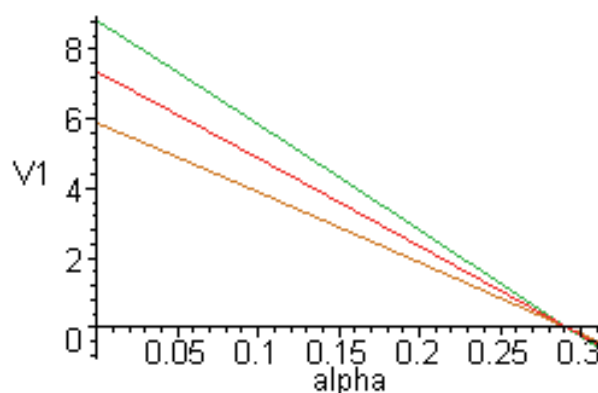


Рис. 3. Функціональний зв'язок між початковою швидкістю V_1 , кутом нахилу α для випадку зупинки при значенні коефіцієнта тертя $f = 0,3$

За умови збільшення коефіцієнта тертя до значення $f = 0,4$ отримано значення початкової швидкості пересування об'єкта при визначеній раніше тривалості спуску. За умови тривалості спуску 3 с при нульовому

куті нахилу зупинка відбудеться при початковій швидкості $V_1 = 12$ м/с, за 2,5 с, при початковій швидкості $V_1 = 10$ м/с, за 2 с при початковій швидкості $V_1 = 8$ м/с.

Початкову швидкість V_1 , з якою об'єкт потрапляє на кінцеву ділянку спуску, знаходимо з аналізу руху його на попередній ділянці траси. Якщо це пряма похила ділянка з кутом α_1 нахилу, то рівняння руху напишемо у вигляді:

$$m \frac{d^2 S(t)}{dt^2} + k \frac{dS(t)}{dt} - mg \sin \alpha_1 + fmg \cos \alpha_1 = 0, \quad (6)$$

де k – коефіцієнт додаткового опору.

Коефіцієнт додаткового опору дозволяє враховувати опір повітря, наявність, вплив форми, матеріалу спускової жолоба, поверхні його бортів.

Розв'язок рівняння (6) за умови, що ця ділянка є початковою на трасі, тобто при $t = 0 \Rightarrow S(t) = 0$; $V(0) = 0$ представлено рівнянням (7).

$$S(t) = \frac{mg}{k^2} [kt - m(1 - e^{-kt/m})] (\sin \alpha_1 - f \cos \alpha_1). \quad (7)$$

Виконавши диференціювання рівняння (7), знайдемо швидкість руху об'єкта, що спускається:

$$V(t) = \frac{mg}{k} (1 - e^{-kt/m}) (\sin \alpha_1 - f \cos \alpha_1). \quad (8)$$

Якщо траса має заокруглення, тоді треба враховувати відцентрову силу F_v опору руху, яка виникає від тертя об борти жолоба.

Швидкість руху відвідувача на гравітаційному спуску є важливою складовою при проектуванні, необхідною для класифікації (поділу) атракціонів на дитячі, сімейні, екстремальні, дозволить знайти максимально допустиме за медичними нормами прискорення на криволінійній ділянці екстремального спуску.

7. Обговорення результатів проектування гравітаційних атракціонів

Представлений метод розрахунку гравітаційних спусків уточнює і доповнює існуючі, зокрема розв'язки рівнянь дають можливість проектувати безпечні для життя і здоров'я відвідувачів гравітаційні атракціони, розраховувати місце зупинки, тривалість руху до зупинки об'єкта, комбінувати окремі елементи спуску у будь-якій послідовності. Оптимальні геометричні параметри спускових об'єктів атракціонів дозволять економічно обґрунтувати будівництво різних за призначенням гірок: дитячих, сімейних, екстремальних з урахуванням тертя, різноманітних додаткових опорів функціонально пов'язаних з конструктивними особливостями спусків і швидкістю руху для різних форм траси.

Представлені дослідження є продовженням раніше виконаних для дитячих гравітаційних атракціонів. Результати їх опубліковані в 2014 р. [13].

У зв'язку з подальшим розвитком індустрії атракціонів, суттєвим збільшенням висот, швидкостей, ростом числа відвідувачів цих яскравих розваг встає питання безпеки як гостей, так і обслуговуючого персоналу. А поміркованих користувачів атракціонів цікавлять врівноваження питання «бажання – безпека – можливість».

8. Висновки

1. Аналітичні дослідження літературних джерел за тематикою проектування і розрахунку гравітаційних спусків дозволили встановити рівні небезпечних і екстремальних режимів експлуатації атракціонів для різних вікових груп і вподобань відпочиваючих.

2. Побудовані математичні моделі руху матеріальних систем як для окремих елементів гравітаційного спуску, так і для його конструкції в цілому.

3. Аналіз математичних моделей з використанням методів символічної комп'ютерної математики дав можливість дослідити механізм руху, встановити функціональний зв'язок між початковою швидкістю руху, кутом нахилу гірки до горизонту, коефіцієнтом тертя, формою траси та тривалістю руху об'єкта до зупинки.

4. Визначена оптимальна швидкість руху на різних ділянках гравітаційного спуску, яка рекомендована для використання при проектуванні траси атракціонів, класифікації (поділу) атракціонів на дитячі, сімейні, екстремальні.

Література

- Нагапетьянц, Н. Маркетинг индустрии отдыха и развлечения [Текст] / Н. Нагапетьянц, О. Сабетова // Маркетинг. – 2003. – № 6. – С. 66–78.
- Стальная, В. Индустрия развлечений: тенденции развития [Текст] / В. Стальная // Маркетинг. – 2009. – № 4. – С. 91–104.
- Леонова, Г. Классификация услуг развлечений [Текст] / Г. Леонова, Н. Гузь // Вісник ДІТБ. – 2008. – № 12. – С. 219–223.
- Горягин, В. Обоснование необходимости создания современного парка развлечений в г. Донецке [Текст] / В. Горягин // Вісник ДІТБ. – 2007. – № 11. – С. 97–103.
- Мартинюк, І. Ю. Класифікація аквапарків та їх унікальна пропозиція [Текст]: зб. наук. пр. / І. Ю. Мартинюк // Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг. – 2011. – Вип. 1(13). – С. 291–297.
- Европейская федерация парков отдыха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \www/URL: <http://www.europarks.org/index.htm>. – 12.01.2016.
- Cartmell, R. The Incredible Scream Machine: A History of the Roller Coaster [Text] / R. Cartmell. – Fairview Park, OH: Amusement Park Books, 1987. – 252 p.
- Stanton, J. Amusement Park Books List [Electronic resource] / J. Stanton. – Revised March 17, 2006. – Available at: \www/URL: <http://www.westland.net/coneyisland/articles/Amusement-ParkBooks.htm>. – 19.01.2016.
- Официальный сайт журнала «Популярная механика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \www/URL: <http://www.popmech.ru>. – 19.01.2016.
- Бут, С. А. Развитие оборудования потоковых систем харчових виробництв на основі використання гравітаційних сил [Текст]: автореф. ... дис. к-та тех. наук / С. А. Бут. – К., 2005. – 18 с.
- Кобзев, В. А. Расчет формы продольного профиля сортировочной горки методом покоординатного спуска [Текст] / В. А. Кобзев, С. Н. Шмаль // Наука и техника транспорта. – 2014. – № 1. – С. 17–20.
- ГОСТ Р 52603-2011. Атракционы водные. Безопасность конструкции. Общие требования [Электронный ресурс]. – Дата введения 01.01.2012. – Режим доступа: \www/URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-52603-2011>

13. Гуць, В. С. Расчет детских гравитационных аттракционов [Текст] / В. С. Гуць, О. А. Коваль // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. — 2014. — № 11. — С. 186–189.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРАВИТАЦИОННЫХ АТТРАКЦИОНОВ

Рассмотрены и проанализированы режимы движения, силы, действующие на пользователей горок, аттракционов с целью определения безопасных скоростей и оптимальных геометрических размеров при их проектировании. Предложены математические модели — дифференциальные уравнения движения, полученные в результате анализа действующих на спусковой объект сил.

Ключевые слова: аттракционы, расчет спуска, гравитационные спуски, уравнение движения.

Гуць Віктор Степанович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри безпеки життєдіяльності, Національний університет харчових технологій, Київ, Україна.

Коваль Ольга Андріївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра технологій харчування та ресторанного бізнесу, Національний університет харчових технологій, Київ, Україна, e-mail: Koval_andreevna@ukr.net.

Гуць Віктор Степанович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри безпеки життєдіяльності, Національний університет пищевых технологий, Киев, Украина. Коваль Ольга Андреевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра технологии питания и ресторанного бизнеса, Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина.

Guts Victor, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine. Koval Olga, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: Koval_andreevna@ukr.net

УДК 621.73.06

DOI: 10.15587/2312-8372.2016.60271

Хорошайло В. В.

ПОВЫШЕНИЕ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ РАСТАЧИВАНИЯ НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКАХ

В данной статье обсуждается возможность повышения качества обработанной поверхности при растачивании на токарно-винторезных станках за счет применения инструментальной системы, которая позволяет снизить уровень вибраций в процессе обработки. В исследовании применяются методы математического и трехмерного моделирования и прочностного анализа способом конечных элементов. Предложенная методика позволила получить математическую модель виброперемещений вершины расточного резца под действием переменных сил резания.

Ключевые слова: расточной резец, инструментальная система, трехмерная модель, виброустойчивость, амплитуда.

1. Введение

Анализ обработки резанием деталей, которые обрабатываются на машиностроительных заводах показывает, что эффективная обработка отверстий в деталях типа втулок и цилиндров является важной задачей. Заготовками для таких деталей являются поковки цельные и с прошитым отверстием, а также отливки, которые изготавливаются с большими припусками под механическую обработку.

Процесс обработки отверстий на токарно-винторезных станках расточными резцами осложняется тем, что возникают неблагоприятные условия резания, связанные с большими вылетами инструмента, что ведет к потере виброустойчивости режущего инструмента. Вышеуказанные условия обработки отверстий большого диаметра и длины ведут к значительному снижению параметров точности и качества обрабатываемых поверхностей, а также к снижению износостойкости режущего инструмента.

В процессе растачивания длина обработки или глубина отверстия определяет вылет режущего инструмента, а при работе с большим вылетом расточного резца возникает достаточно большой прогиб его державки относительно закрепления в резцедержателе, что

приводит к возникновению значительных деформаций и динамических нагрузок резца. Повышение жесткости упругой системы «станок — приспособление — инструмент — деталь» является одним из основных способов устранения недопустимых вибраций [1].

При растачивании отверстий в деталях относительно большого диаметра, заготовками для которых являются поковки или отливки, с большой неравномерностью припусков, возникает переменность величины силы резания, что приводит к возникновению колебаний и потере виброустойчивости процесса резания. На основании изложенного актуальной является задача, которую можно решить путем разработки специальной инструментальной системы для растачивания на токарно-винторезных станках.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

В литературных источниках уделяется достаточно много внимания проблеме вибраций, которые возникают в процессе обработки резанием.

Для исследования процесса растачивания, прежде всего, необходимо учитывать влияние вылета расточного