

1 – регенерационное хозяйство; 2, 4 – бункер-дозатор реагентов; 3 – комплекс регенерации отработанных масел; 5 – комплекс утилизации пастообразных нефтесодержащих отходов; 6 – бункер-дозатор ПАВ и бакпрепаратов; 7 – площадка для очистки почвы от нефтепродуктов; 8 – накопитель нефтесодержащих вод; 9 – комплекс очистки нефтесодержащего инфильтрата; 10 – мобильный блок струйного насоса; 11 – усреднитель; 12 – насосы; 13 – смесители; 14 – центрифуга; 15 – резервуар для хранения восстановленного масла; 16 – тара для хранения присадки; 17 – насос-дозатор присадки; 18 – тара для сбора шлама; 19 – фильтр грубой очистки; 20 – теплообменник; 21 – декантер-центрифуга; 22 – тара для сбора воды; 23 – тара для сбора фугата (углеводородов)

Такие станции будут решать проблему основных нефтесодержащих отходов железных дорог – отработанных масел, технологических шламов, а также нефтезагрязненного щебня, почв и иных нефтесодержащих отходов.

#### Литература

1. Утилізація нафтошламів та мастил, утворених у структурних підрозділах залізниць / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна, О. Б. Бабенко // Залізничний транспорт України. – 2008. – № 1. – С. 36-38.

2. Безовська М. С., Зеленько Ю. В., Яришкіна Л. О. Відпрацьовані оливи: утворення, зберігання, регенерація // Залізничний транспорт України. – 2009. – № 6. – С. 33-35.

3. П. В. 95154 Україна. МПК С 10 М 175/00. Спосіб регенерації відпрацьованої моторної оливи / Безовська М. С., Зеленько Ю. В., Яришкіна Л. О., патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – № а 2009 13563; Заявл. 25.12.2009; Опубл. 11.07.2011, Бюл. № 13. – 4 с.

4. П. К. М. 70077 Україна. МПК С 10 М 175/00. Спосіб очистки відпрацьованої моторної оливи для дизелів / Безовська М. С., Зеленько Ю. В., патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – № у 2011 13558; заявл. 18.11.2011; опубл. 25.05.2012, Бюл. № 10. – 3 с.

5. Маркизова Н. Ф. Токсикология нефтепродуктов: [методическое пособие] / Н. Ф. Маркизова, А. Н. Гребенюк, В. А. Башарин. – СПб: Невский диалект, 2003. – 128 с.

6. Смазочные материалы и проблемы экологии / А. Ю. Евдокимов, И. Г. Фукс, Т. Н. Шабалина, Л. Н. Багдасаров. – М.: ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2000. – 424 с.

---

УДК 656.212.5

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК**

*соискатель Колесник А. И.*

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта  
им. академика В. Лазаряна, Украина*

### **THE IMPROVEMENT OF CALCULATION METHODS OF A LONGITUDINAL PROFILE OF SORTING HUMPS**

*Kolesnyk A. I. Dnipropetrovsk national university of railway transport  
of Academician V. Lasaryan, Ukraine*

**Аннотация.** Разработан метод комплексного расчета высоты и продольного профиля сортировочной горки. Полученная конструкция профиля обеспечивает докатывание отцепов до расчетной точки при минимальной высоте горки. Использование предложенного метода при проектировании сортировочных горок позволит снизить эксплуатационные расходы на расформирование составов и повысит качество сортировочного процесса.

**Annotation.** The method of the complex of a height and a longitudinal profile of a sorting hump is given. The received construction of the profile is ensuring the roll cuts to the target point with the minimum height of the hump. Using of this method during design of the sorting humps allow to reduce the operating costs to breaking up of trains and to increase the quality of the sorting process.

**Ключевые слова:** сортировочная горка, коэффициент вогнутости, профиль, расформирование, расчетная точка.

**Key words:** sorting hump, concavity factor, profile, breaking, target point.

---

Конструкция продольного профиля сортировочной горки, совместно с режимами торможения отцепов, оказывает основное влияние на качество сортировочного процесса, динамику скатывания вагонов и перерабатывающую способность горки. Определение рациональных величин уклонов спускной части представляет собой задачу, при решении которой необходимо учитывать множество технических и технологических требований к проекту горки.

В настоящее время существует множество методов определения уклонов спускной части горки, которые отличаются выбранным критерием оптимизации. В работе [1], с целью минимизации времени скатывания отцепов и получения наибольших интервалов на разделительных элементах, продольный профиль рекомендуется проектировать в виде брахистохроны. Однако подобный профиль горки обеспечивает минимальное время движения только при свободном скатывании отцепов. В то же время, как показано в [2], использование тормозных средств с целью регулирования интервалов между отцепами с разными ходовыми свойствами не позволяет на горках с профилем циклоидальной формы обеспечить минимальное время скатывания отцепов.

В работах [3, 4] оптимизацию горочного профиля предложено выполнять по критерию максимально возможной скорости расформирования составов. Однако, увеличение скорости роспуска составов может привести к дополнительным энергетическим расходам, ухудшению условий разделения отцепов, а также нарушению безопасности движения. Кроме того, увеличение скорости роспуска, с целью сокращения горочного технологического интервала, целесообразно только в периоды интенсивного прибытия поездов в расформирование.

С целью сокращения энергетических затрат на расформирование составов в [5] оптимизацию профиля предложено выполнять по критерию минимума погашаемой энергии на парковой

тормозной позиции (ПТП). В то же время, уменьшение торможения на ПТП может привести к необходимости увеличения потребной мощности тормозных позиций на спускной части горки. При этом, перенос торможения с ПТП на первую и вторую тормозные позиции может привести к сокращению интервалов  $\delta t$  между отцепами на разделительных элементах спускной части. Более того, следует учитывать, что основные затраты на торможение отцепов зависят не от погашаемой энергетической высоты, а от количества включений замедлителей. Таким образом, задача оптимизации уклонов продольного профиля сортировочной горки до настоящего времени не получила окончательного решения.

В данной работе предложена методика определения рациональной конструкции продольного профиля по критерию минимизации высоты сортировочной горки  $H_{\Gamma}$ , при условии докатывания плохого бегуна до расчетной точки  $S_{\text{рт}}$  и обеспечении всех необходимых технико-технологических требований. Уменьшение высоты, при определенной конструкции надвигной части, даст возможность сократить энергетические расходы на надвиг состава на горку, при вытягивании групп вагонов из сортировочного парка в случае необходимости их повторной сортировки, а также позволит сократить необходимую мощность тормозных позиций. Поэтому необходимо найти такой профиль горки, при котором выполняется условие

$$H_{\Gamma} = \sum_{j=1}^n i_j l_j \rightarrow \min \quad (1)$$

при ограничениях

$$V_{\text{п}}(S_{\text{рт}}) = 0, \quad (2)$$

$$i_1 \geq \dots \geq i_{j-1} \geq i_j \geq i_{j+1} \geq \dots \geq i_n. \quad (3)$$

где  $i$ ,  $l$  – соответственно уклон и длина элемента профиля;

$n$  – количество элементов профиля;

$V_{\text{п}}(S_{\text{рт}})$  – скорость плохого бегуна в расчетной точке.

Как известно, продольный профиль сортировочной горки состоит из следующих участков: одного или двух

элементов скоростного участка ( $i_{ск1}$ ,  $i_{ск2}$ ), первой тормозной позиции  $i_{ТП1}$ , промежуточного элемента  $i_{пр}$ , второй тормозной позиции  $i_{ТП2}$ , стрелочной зоны  $i_{сз}$ , парковой тормозной позиции  $i_{ПТП}$  и участка сортировочных путей  $i_{сп}$  с соответствующими уклонами.

Уклоны  $i_{сз}$ ,  $i_{ПТП}$  и  $i_{сп}$  принимаются в соответствии с Правилами проектирования сортировочных устройств. Величины уклонов  $i_{ск1}$  и  $i_{ск2}$  определяются, исходя из обеспечения минимального интервала на первом разделительном элементе при максимальной скорости роспуска и благоприятных климатических условиях; при этом используются методы имитационного моделирования.

Таким образом, неизвестными являются уклоны тормозных позиций спускной части  $i_{ТП1}$  и  $i_{ТП2}$  и промежуточного элемента  $i_{пр}$ , которые могут быть представлены вектором  $\mathbf{I}=(i_{ТП1}, i_{пр}, i_{ТП2})$ . Следовательно, необходимо найти вектор  $\mathbf{I}^*$ , удовлетворяющий условию (1) и дополнительным ограничениям

$$i_{ТП1} \geq i_{ТП1}^{\min}, i_{пр} \geq i_{пр}^{\min}, i_{ТП2} \geq i_{ТП2}^{\min}. \quad (4)$$

где  $i_{ТП1}^{\min}$ ,  $i_{пр}^{\min}$ ,  $i_{ТП2}^{\min}$  – минимальные уклоны соответствующих элементов профиля.

С целью определения вектора  $\mathbf{I}^*$  необходимо предварительно исследовать конструкцию продольного профиля от вершины горки до расчетной точки. При этом, характеристикой профиля горки может выступать степень его вогнутости, которая зависит от значений уклонов и длин отдельных его элементов. Указанную характеристику предлагается оценивать коэффициентом вогнутости  $\mu$ , который определяется как:

$$\mu = 1 - \frac{P}{P_{\max}}, \quad (5)$$

где  $P$  – площадь продольного сечения сортировочной горки при некотором профиле;

$P_{\max}$  – максимально возможная площадь продольного сечения горки (при однородном уклоне от вершины горки до расчетной точки).

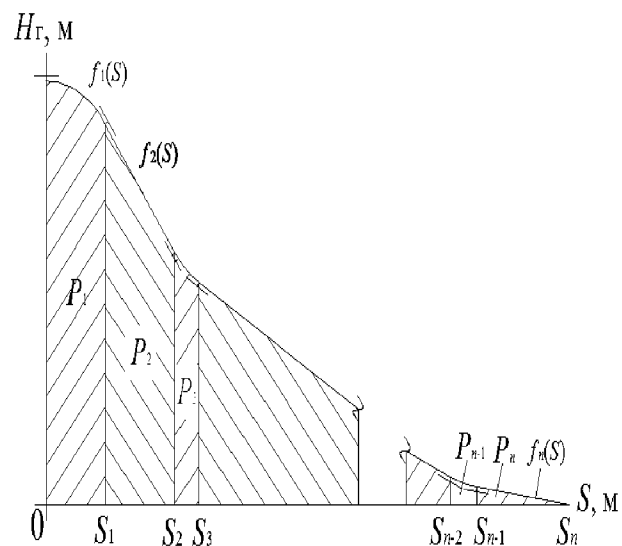


Рисунок 1. Продольное сечение сортировочной горки

Продольный профиль (рисунок 1) может быть описан совокупностью функций  $f_i(S)$  [6], каждая из которых должна удовлетворять условиям

$$f_j(s_j) = h(s_j), f_j(s_{j+1}) = h(s_{j+1}), \quad (6)$$

$$f'_j(s_j) = K_j, f'_j(s_{j+1}) = K_{j+1}, j = 1, \dots, n-1 \quad (7)$$

где  $K_1, \dots, K_n$  – свободные параметры – угловые коэффициенты касательных;

$h(s_1), \dots, h(s_n)$  – отметки профиля горки в точках  $s_1 < \dots < s_n$ .

Следовательно, коэффициент  $\mu$  можно определить из выражения:

$$\mu = 1 - \frac{\int_0^{s_1} f_1(S) dS + \int_{s_1}^{s_2} f_2(S) dS + \dots + \int_{s_{n-1}}^{s_n} f_n(S) dS}{\int_0^{s_n} f_{\max}(S) dS} \quad (8)$$

где  $S_{i-1}$ ,  $S_i$  – соответственно координаты начала и конца элемента.

Установлено, что при постоянной высоте горки между коэффициентом  $\mu$  и скоростью плохого бегуна ( $\Pi$ ) в расчетной точке  $V_{рт}$  при его свободном скатывании существует функциональная связь  $V_{рт} = f(\mu)$ , график которой приведен на рисунке 2.

График показывает, что с увеличением коэффициента вогнутости профиля наблюдается существенное снижение скорости отцепа в расчетной точке; значение коэффициента  $\mu_0$ , при котором скорость отцепа ОП в расчетной точке  $V_{рт} = 0$ , в дальнейшем именуется базовым.

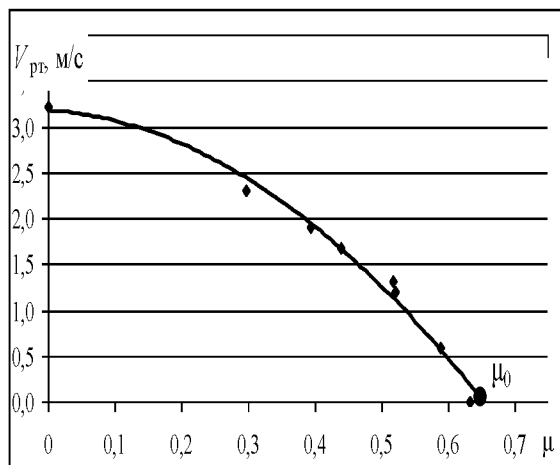


Рисунок 2. График зависимости скорости  $V_{гр}$  от коэффициента вогнутости  $\mu$ .

Как установлено исследованиями, между высотой горки  $H_г$  и базовым коэффициентом вогнутости  $\mu_0$  существует линейная зависимость. В качестве примера на рисунке 3 для определенной конструкции горки и расчетных климатических условий приведен график зависимости  $H_г = f(\mu_0)$ .

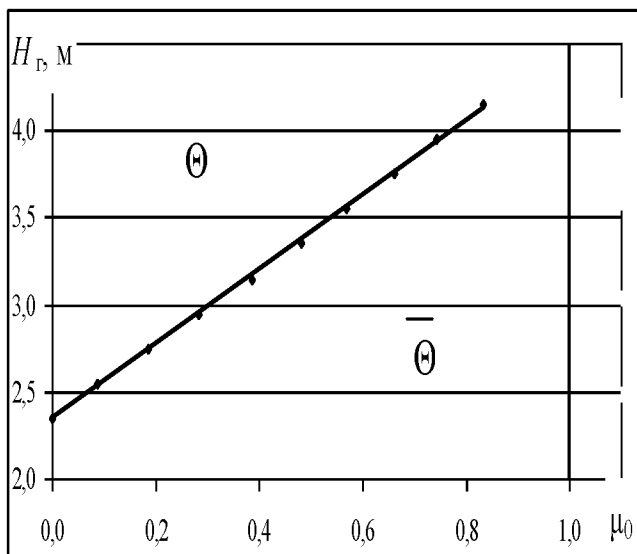


Рисунок 3. График зависимости высоты горки от базового коэффициента вогнутости профиля

Как видно из рисунка, график функции  $H_г = f(\mu_0)$  делит координатную плоскость  $\mu_0 H_г$  на допустимую ( $\Theta$ ) и недопустимую ( $\bar{\Theta}$ ) полуплоскости. При этом, точки  $(\mu_0, H_г)$ , принадлежащие линии  $H_г = f(\mu_0)$ , соответствуют таким конструкциям горки, которые обеспечивают докатывание отцепов

расчетной точки со скоростью  $V_{гр}=0$ . Таким образом, параметры вектора  $\mathbf{I}^*$ , соответствуют горкам со значениями  $\mu_0$  и  $H_г$ , которые принадлежат прямой  $H_г = f(\mu_0)$ .

С целью определения параметров вектора  $\mathbf{I}^*$  можно воспользоваться методом Хука-Дживса. При этом, первоначально из допустимой области уклонов  $i_{ТП1}$ ,  $i_{пр}$ ,  $i_{ТП2}$  выбирается произвольная базисная точка  $x_1(i_1, i_2, i_3)$  и определяется шаг длиной  $\Delta i$  для каждой переменной  $i_j$ . В точке  $x_1$  конструкции горки соответствует определенная высота  $H_1$  и коэффициент вогнутости  $\mu_1$ . Подставляя в функцию  $H_г = f(\mu_0)$  полученное значение  $\mu_1$  вместо  $\mu_0$  определяется высота горки, для которой коэффициент  $\mu_1$  будет соответствовать базисному; при этом целевой функцией является выражение (1) при ограничении

$$H_j \geq H_г. \quad (9)$$

В процессе оптимизации каждая переменная по очереди изменяется прибавлением длины шага  $\Delta i$ , вычисляется значение целевой функции  $H_j$  и выполняется проверка условия (9). В случае увеличения значения целевой функции, величина  $\Delta i$  вычитается. Когда рассмотрены все переменные, получаем новую базисную точку  $x_2$ . Если  $H_1 = H_2$ , т.е. уменьшение шага не было достигнуто, то исследование повторяется вокруг базисной точки  $x_1$ , но с уменьшенной длиной шага. Для  $H_1 \neq H_2$ , поиск точки  $x_3$  производится движением по образцу, который заключается в использовании информации, полученной в процессе исследований. Минимизация функции выполняется в направлении, заданном образом, если переменные в точке  $x_3$  являются недопустимыми, поиск по образцу не производится, а выполняются исследования в окрестностях точки  $x_2$ . На рисунке 4 для конкретной горки показана схема определения параметров вектора  $\mathbf{I}^*$  методом Хука-Дживса.

Как следует из рисунка, точка  $x_{опт}$  с оптимальными параметрами вектора  $\mathbf{I}^*$  принадлежит прямой  $H_г = f(\mu_0)$ , что свидетельствует о минимальной высоте горки и обеспечении докатывания отцепов

до расчетной точки.

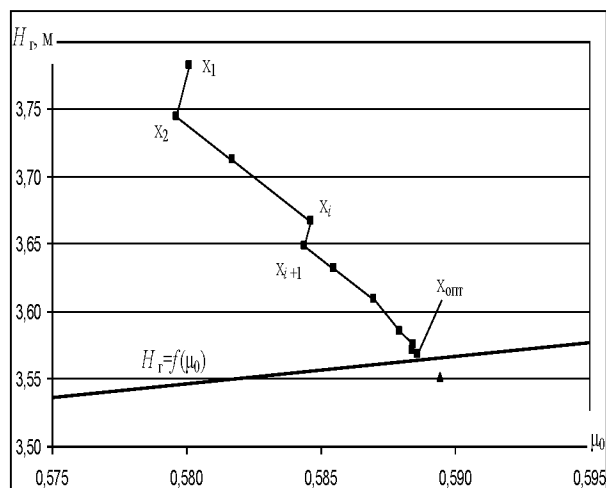


Рисунок 4. Схема поиска оптимального варианта методом Хука-Дживса.

Таким образом, расчет продольного профиля с использованием предложенной методики дает возможность снизить высоту горки на 7...10 % по сравнению с существующими подходами к проектированию сортировочных горок, что позволяет сократить энергетические затраты на переработку вагонов и повысить качество сортировочного процесса.

#### Литература:

1. Павлов, В. Е. Брахистохрона применительно к сортировочной горке /

В. Е. Павлов // Применение современных математических методов в эксплуатации железных дорог // Сб. научн. тр. ЛИИЖТа. – Вып. 300. – Транспорт, Ленинград, 1969. – С. 138-146

2. Правдин, Н. В., Анализ существующих методов расчета сортировочных горок / Н. В. Правдин, С. А. Бессоненко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2004. – №5. – С. 22-27.

3. Пособие по применению Правил и норм проектирования сортировочных устройств / под ред Ю. А. Мухи. – М.: Транспорт, 1994. – 220 с.

4. Бессоненко, С. А. Принципы оптимизации параметров сортировочных горок / С.А. Бессоненко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2010. – №5. – С. 17-20.

5. Огарь, А. Н. Методика оптимизации значений уклонов элементов продольного профиля сортировочных горок/ А. Н. Огарь // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001.- №3.- С. 18-22.

6. Бобровский, В. И. Представление продольного профиля сортировочных горок в АСУ расформированием составов / В.И. Бобровский // Информационно - управляющие системы на железнодорожном транспорте. - 1996. - №1, 2. - С. 19 - 25.

УДК 629.4

## ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И НАГРУЖЕННОСТИ ВАГОНА САМОСВАЛА (ДУМПКАРА)

соискатель Мотянка Т.А., к.т.н., доц. Антипин Д.Я.

Брянский государственный технический университет, Россия

## INVESTIGATION OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS AND LOADING OF WAGON TRUCK (DUMKAR)

Applicant Motjanko T. A., Candidate of Technical sciences, Associate Professor Antipin D Y., Bryansk State technical University of Engineering, Russia

**Аннотация.** Проведены исследования динамических характеристик и нагруженности кузова вагона-самосвала модели 31-675 на основе разработанных твердотельных компьютерных моделей в среде программного комплекса моделирования динамики систем тел «Универсальный механизм».

**Annotation.** The investigations of the dynamic characteristics and loading of wagon truck of the model 31-675 based on computer models of solid-state in the environment of complex software systems of dynamics modeling “Universal mechanism” are studied.

**Ключевые слова:** вагон-самосвал, динамические характеристики, нагруженность кузова, математическое моделирование, твердотельная компьютерная модель вагона.

**Key words:** Wagon truck, dynamic characteristics, loading of car body, mathematic modeling, solid-state computer models of car body.