

УДК 621.879

**Койнаш В. А.**

## **ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГУСЕНИЧНЫХ ЗВЕНЬЕВ ХОДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН**

Решение проблемы повышения надежности и долговечности гусеничного ходового оборудования землеройных машин тесно связано с исследованиями нагрузок и условий работы элементов гусеничного движителя. Данным вопросам посвящено множество работ, однако до сих пор задача является актуальной как для ученых, так и для инженеров.

Повышение надежности гусеничных механизмов экскаваторов в большей части определяется предупреждением аварийных остановок работы вследствие поломок, в том числе и гусеничных звеньев.

Возрастающие требования к техническому уровню экскаваторов, снижение эксплуатационных затрат на проектирование, а так же сложнейшие условия работы экскаваторов в агрессивной среде делает научные работы в области повышения надежности и оптимизации параметров рабочего и ходового оборудования карьерных экскаваторов своевременными и весьма актуальными. О необходимости таких работ говорит, например, и тот факт, что при работе новых современных экскаваторов ЭКГ-5Н и ЭКГ-10Н на Ингулецком ГОКе, примерно за один год работы, вследствие поломок и износа гусеничных звеньев, вызванных очевидно несовершенством конструкции и низкими механическими свойствами материалов сопрягаемых деталей, пришлось заменить 50 % гусеничных звеньев, общей массой более 30 тонн.

Вопросам взаимодействия элементов гусеничного хода с грунтом посвящено множество научных работ [1–4]. Так, в своих работах по изучению износостойкости элементов гусеничного ходового оборудования А. К. Рейш указывает, что основной причиной износа проушин гусеничных звеньев и пальцев является взаимное угловое перемещение звеньев в процессе разработки экскаватором грунта.

Как показывают исследования [2], скорость изнашивания деталей гусеничных ходовых устройств при работе экскаватора с включенными тормозными устройствами и разработке грунта в 1,4 раза больше, чем при передвижении экскаватора. Условия работы деталей при этом режиме работы являются основными, тем более что на выполнение работы затрачивается 94 % времени, а на передвижение 6 %.

Износ проушин гусеничных звеньев вызван взаимными угловыми перемещениями вследствие циклических нагрузок при разработке грунта. Концентрация давления на грунт гусеничной ленты в зоне шарниров при воздействии опорных катков приводит к деформации грунта и поворотам гусеничных звеньев. Также выравнивание эпюры давлений гусеничной тележки на грунт положительно влияет на проходимость машины и условия нагружения гусеничных рам.

Для снижения концентрации давлений предлагается использовать гусеничные звенья с опорной плитой, имеющей выступающие за ось шарниров площадки.

Целью работы является анализ влияния конструктивных параметров опорной поверхности гусеничных звеньев на распределение давлений гусеничной ленты на грунт в зоне шарниров.

Гусеничные звенья отечественных карьерных экскаваторов представляют собой литую или сварно-литую конструкцию, опорная площадка которой имеет прямоугольную форму и расположена между проушинами. На звено действуют нагрузки от давления грунта, реакции от соседних звеньев  $T_i$ ,  $R_i$ ,  $S_i$  и опорных катков  $F_i$  (рис. 1).

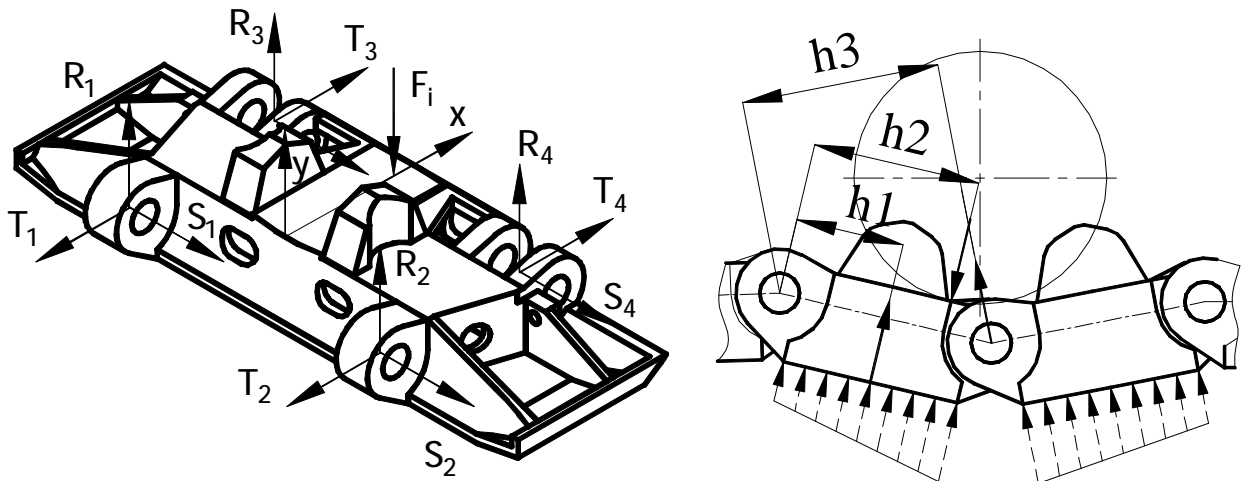


Рис. 1. Схема нагрузок на гусеничне звено

Для уменьшения амплитуды угловых перемещений гусеничных звеньев был предложен и запатентован ряд стопорных устройств, фиксирующих гусеничные рамы относительно гусеничной ленты. Однако данный подход усложняет конструкцию гусеничного хода, кроме того, большая степень свободы гусеничной ленты, наличие зазоров в шарнирах и слабина натяжения, снижают эффективность данного метода.

В данной работе предлагается снижение концентрации давления на грунт в зоне шарниров за счет изменения расчетной схемы нагружения путем оптимизации геометрии опорной плиты звеньев гусеничной цепи. Задачей работы является оценка эффективности снижения концентрации давления гусеничной ленты на грунт за счет оптимизации геометрии опорной плиты.

Для снижения концентрации давления на грунт в зоне шарнира предлагается изменить форму опорной плиты таким образом, чтоб ее части слева и справа от дорожки качения были смещены за ось проушин (патент на полезную модель № u 2010 121008) [5]. Конструкция приведена на рис. 2.

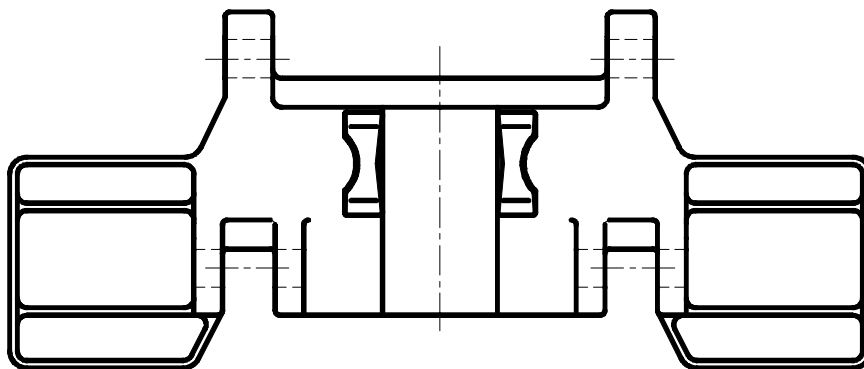


Рис. 2. Конструкция гусеничного звена со смещенной за ось шарниров опорной поверхностью

Наличие реакции со стороны грунта за пределами проушин, приводит к увеличению момента сопротивления повороту звена в связи со смещением равнодействующей от реакции грунта (рис. 3), и как следствие к снижению локальных давлений на грунт в зоне шарнира.

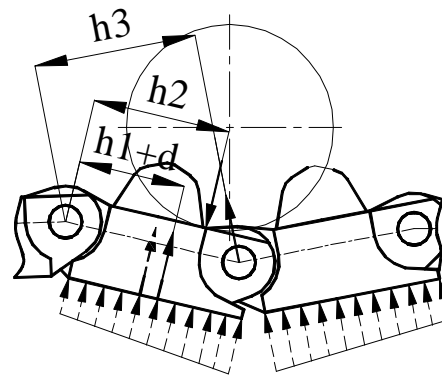


Рис. 3. Схема нагружения гусеничных звеньев с опорной площадкой грунта

Рассмотрим упрощенную схему нагружения части гусеничной ленты, состоящей из пары звеньев (рис. 4, а).

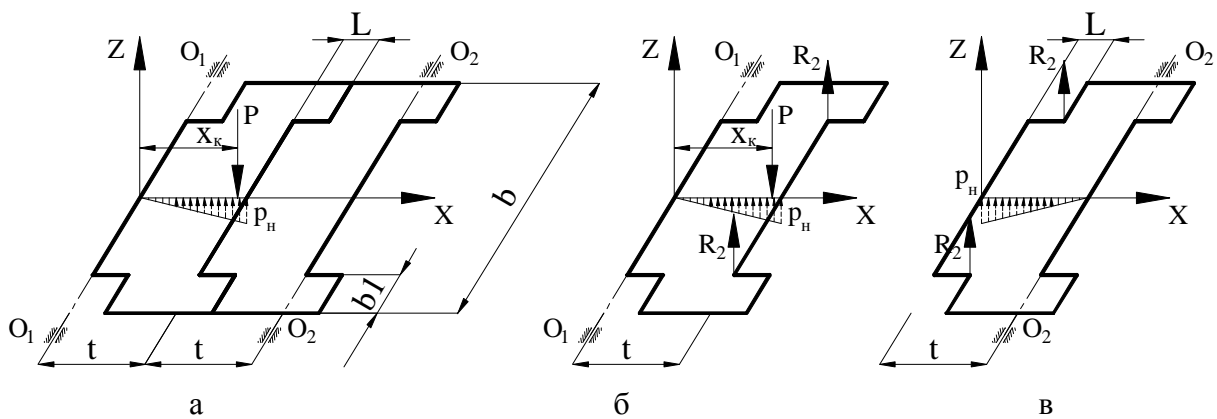


Рис. 4. Расчетные схемы

С учетом допущений неизменности давлений грунта вдоль оси проушин, равенства реакции в левой и правой проушине одинаковые и без учета жесткости конструкции звеньев сумма моментов всех сил, действующих на первое звено:

$$\sum M_i^{O1} = 0, P \cdot x_k - \int_0^t (b - 2 \cdot b_1) \cdot p(x) \cdot x \cdot dx - \int_l^{t+l} 2 \cdot b_1 \cdot p(x) \cdot x \cdot dx - 2R_2 \cdot t = 0,$$

где  $p(x)$  – функция распределения давления грунта вдоль гусеничного звена,  
 $p(x) = p_n \cdot x / t$ ;

$R_2$  – реакция со стороны второго звена.

Сумма моментов всех сил, действующих на первое звено:

$$\sum M_i^{O2} = 0, - \int_0^t (b - 2 \cdot b_1) \cdot p(x) \cdot x \cdot dx - \int_l^{t+l} 2 \cdot b_1 \cdot p(x) \cdot x \cdot dx + 2R_1 \cdot t = 0,$$

где  $R_1$  – реакция со стороны первого звена.

С учетом равенства реакций в звеньях  $R_1 = R_2$  можно записать уравнение:

$$P \cdot x_k - \int_0^t (b - 2 \cdot b_1) \cdot p(x) \cdot x \cdot dx - \int_l^{t+l} 2 \cdot b_1 \cdot p(x) \cdot x \cdot dx - \int_0^t (b - 2 \cdot b_1) \cdot p(x) \cdot x \cdot dx - \int_l^{t+l} 2 \cdot b_1 \cdot p(x) \cdot x \cdot dx = 0.$$

Опуская математические преобразования, полученное уравнение можно записать в виде:

$$P \cdot x_k - \frac{2 \cdot P_H}{3 \cdot t} [(b - 2 \cdot b_1) \cdot t^3 - b_1 \cdot [(l + t)^3 - l^3] - b_1 \cdot (t - l)^3] = 0.$$

Для удобства анализа выразим значения выступающей части опорной площадки через коэффициенты ширины и шага  $b_1 = b \cdot k_b$ ,  $l = t \cdot k_l$ .

После подстановки в уравнение формула приобретет вид:

$$P \cdot x_k - \frac{2 \cdot P_H \cdot t^2 \cdot b}{3} [1 + 6 \cdot k_b \cdot k_l^2 + k_b \cdot k_l^3] = 0.$$

Решение последнего уравнения относительно максимального локального давления под шарниром гусеничных звеньев имеет вид:

$$P_H = \frac{3 \cdot P \cdot x_k}{2 \cdot t^2 \cdot b} \cdot \frac{1}{[1 + 6 \cdot k_b \cdot k_l^2 + k_b \cdot k_l^3]}.$$

Отношение давлений звена предложенной конструкции с выступающей за ось шарниров площадкой к классической, у которой  $k_l = 0$  и  $k_b = 0$ , обозначим коэффициентом  $k_Z$ :

$$k_Z = \frac{P_H^{nl}}{P_H^{kl}} = \frac{1}{[1 + 6 \cdot k_b \cdot k_l^2 + k_b \cdot k_l^3]}.$$

Очевидно, что полученный коэффициент будет меньше единицы, таким образом, в случае с гусеничным звеном со смещенной за ось частью опорной плиты давление в зоне шарнира при воздействии на него опорного катка будет меньше по сравнению с существующей конструкцией.

Графическое представление поверхности функции  $k_Z(k_l, k_b)$  представлено на рис. 5.

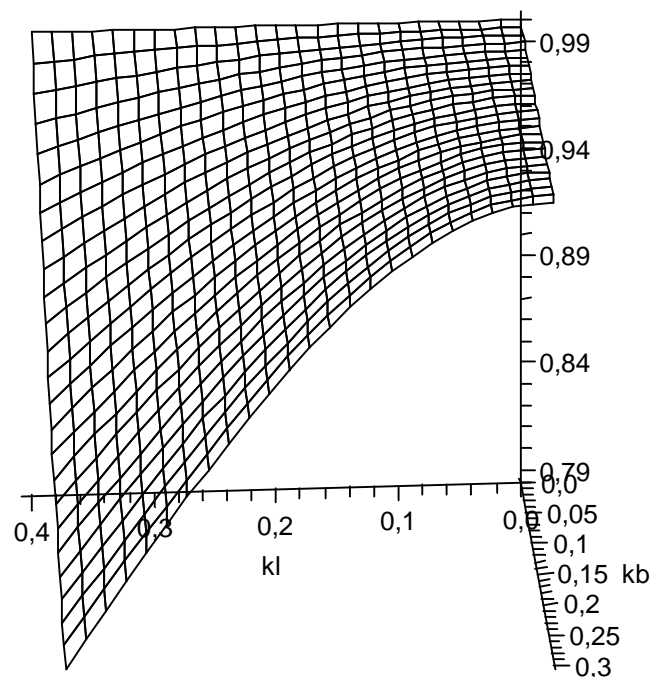


Рис. 5. График зависимости  $k_Z(k_l, k_b)$  от параметров выступающей части опорной плиты гусеничного звена

При выводе уравнений использовалась линейная зависимость реакции грунта от деформации в виде  $p(x) = p_H x / t$ . Однако большинство грунтов, на которых работают экскаваторы зависимость между деформацией и давлением представляет собой степенную функцию  $p(x) = p_H x^n / t$ . Показатель степени  $n$  зависит от вида грунта и имеет значение больше единицы.

Результирующее уравнение коэффициента  $k_z$  для степенных функций имеет громоздкий вид и в работе не приведено. Однако численные расчеты показывают его существенное влияние. Так на рис. 6 изолиниями показана поверхность  $k_z(k_l, k_b)$  при  $p(x) = p_H x / t$ , а сеткой – поверхность  $k_z(k_l, k_b)$  при  $p(x) = p_H x^n / t$ . На рис. 6 видно, что наибольшее влияние выступающих опорных площадок будет на более прочных грунтах.

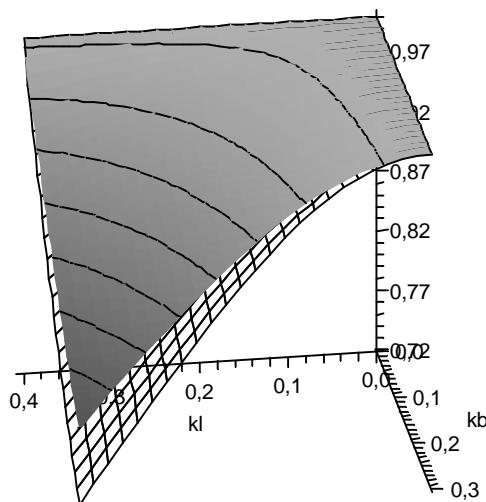


Рис. 6. Поверхности коэффициента  $k_z$  от геометрических параметров опорной плиты и физико-механических свойств грунтов

## ВЫВОДЫ

Гусеничное звено со смещенной опорной площадкой может быть использовано как на вновь проектируемых, так и на существующих карьерных экскаваторах.

Выведенные уравнения коэффициента снижения концентрации давления от параметров выступающей части опорной площадки могут быть использованы в инженерных расчетах для обоснования геометрических параметров опорной площадки гусеничных звеньев.

Поверхности на рис. 6 показывают существенное влияние как геометрии опорной площадки, так физико-механических свойств грунтов, на которых работает машина, что необходимо учитывать в инженерных расчетах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Домбровский Н. Г. Теория и расчет гусеничного движителя землеройных машин / Н. Г. Домбровский, И. М. Гомозов, В. М. Гиллис. – К. : Техніка, 1970. – 192 с.
2. Рейш А. К. Повышение износостойкости строительных и дорожных машин / А. К. Рейш. – М. : Машиностроение, 1986. – 184 с.
3. Крупко В. Г. Оценка нагрузок на опорные элементы механизмов передвижения землеройно-транспортных машин / В. Г. Крупко, В. А. Койнаш // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2004. – № 27. – С. 42–44.
4. Койнаш В. А. Повышение ресурса гусеничного ходового оборудования карьерных экскаваторов / В. А. Койнаш, В. Г. Крупко, А. В. Веснин // Вісник Криворізького технічного університету. – 2011. – № 27. – С. 181–184.
5. Пат. и 2010 12108 Украина, МПК(2009) E02F 3/00. Ланка гусеничного ланцюга / Койнаш В. О. ; заявник та власник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 4799/3У/10 ; заявлено 13.10.2010 ; опубл. 13.12.2010.