

УДК 621.879

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ГУСЕНИЧНЫХ ЗВЕНЬЕВ ЭКСКАВАТОРОВ НА ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

**В.А. Койнаш, ст. преподаватель, В.Г. Крупко, доцент, к.т.н.,  
Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск**

*Аннотация.* Рассмотрен вопрос формирования нагрузок на грунт гусеничными звеньями строительных экскаваторов в зависимости от формы их опорной поверхности. Обоснована возможность снижения локальных давлений на грунт в зоне шарнира за счет применения гусеничных звеньев со смещенной опорной площадкой.

*Ключевые слова:* гусеничное звено, давление, грунт, проушина, опорная поверхность.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФОРМИ ОПОРНОЇ ПОВЕРХНІ ГУСЕНИЧНИХ ЛАНОК ЕКСКАВАТОРІВ НА ЇХ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

**В.О. Койнаш, ст. викладач, В.Г. Крупко, доцент, к.т.н.,  
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ**

*Анотація.* Розглянуто питання формування навантажень на грунт гусеничними ланками будівельних экскаваторів залежно від форми їх опорної поверхні. Обґрунтовано можливість зниження локального тиску гусениці на грунт у зоні шарніра за рахунок використання гусеничних ланок зі зміщеною опорною поверхнею.

*Ключові слова:* гусенична ланка, тиск, грунт, вушко, опорна поверхня.

## RESEARCH OF INFLUENCE OF THE FORM OF BASIC SURFACE OF CATERPILLAR LINKS OF EXCAVATORS ON THEIR WORKING CAPACITY

**V. Koynash, senior lecturer, V. Krupko, Associate Professor,  
Candidate of Engineering Science,  
Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk**

*Abstract.* The matter concerning loads impact on the soil by caterpillar links of excavators depending on a form of their basic surface is considered. The possibility of decrease of local pressure of the caterpillar on the soil at hinge zone at the expense of caterpillar links application with displaced basic platform is proved.

*Key words:* caterpillar link, pressure, ground, lug, basic surface.

### Введение

Условия взаимодействия гусеничного движителя строительных экскаваторов с опорной поверхностью грунта является одним из основных факторов, влияющих на его надежность и долговечность. Наряду с достоинствами гусеничных механизмов, недостаточная долговечность их элементов является

фактором, снижающим технико-экономические показатели данного класса машин. Таким образом, исследования в данной области являются актуальными и востребованными.

### Анализ публикаций

Вопросам формирования нагрузок на элементы гусеничного хода, выявлению условий

взаимодействия гусеницы с опорной площадкой грунта, как в процессе выполнения основного технологического процесса, так и во время передвижения, посвящено множество научных работ и исследований [1–4].

Согласно исследованиям, начатым А.К. Рейшем, основной проблемой гусеничного хода строительных экскаваторов является износ его элементов, причем наиболее интенсивный износ происходит во время разработки машиной грунта [2]. Так, основной причиной износа проушин гусеничных звеньев являются их взаимные угловые перемещения относительно шарниров. Изменения внешних нагрузок на экскаватор во время работы приводят к изменению положения катков относительно гусеничной ленты и, как следствие, к относительному угловому перемещению звеньев вследствие возникновения изменения локальных давлений в зоне шарниров. Экспериментальными исследованиями с применением регистрирующей аппаратуры и видеосъемкой выявлены волнообразные движения гусеничной ленты, которым в некоторых источниках дается название «дыхание» цепи. В работе [2] показано, что амплитуда угла поворота гусеничного звена в квадратичной степени влияет на скорость износа проушины. Для снижения амплитуды автором предлагаются конструкции стопорных устройств, фиксирующих гусеничную ленту относительно рамы. В связи со значительным усложнением конструкции, распространения стопорные устройства не получили.

Анализ иностранных источников [5] показывает приоритет развития гусеничных звеньев с закрытым шарниром и смазкой, что позволяет значительно увеличить срок службы, однако и стоимость такого решения значительно возрастает.

#### Цель и постановка задачи

Целью работы является изучение влияния формы опорной поверхности гусеничных звеньев на зоны концентрации давления под шарниром. Предлагается такое исполнение опорной поверхности, при котором ее часть смещается за ось шарнира. Ставится задача изучения степени влияния геометрических параметров смещенных площадок на фактор снижения локальных давлений под шарниром при наезде на него опорного катка.

#### Формирование нагрузок на грунт гусеничным двигателем

На гусеничное звено литой конструкции (рис. 1) в общем случае действуют реакции со стороны опорных катков  $P$ , нагрузки от соседних звеньев  $R$  и давление со стороны опорной площадки грунта  $Q$ . Таким образом, реакция грунта является основным фактором, влияющим на угловое перемещение гусеничного звена относительно центра шарнира  $O1$ . Причем вклад в результирующий момент сопротивления повороту от реакции грунта возрастает от удаления от шарнира.

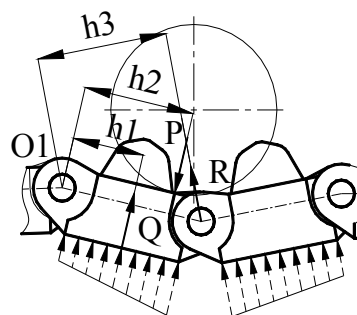


Рис. 1. Схема нагрузок на гусеничное звено

Таким образом, необходимо изменить геометрию опорной поверхности гусеничного звена так, чтобы влияние сил сопротивления смятия грунта оказывали как можно большее сопротивление угловому перемещению.

Данная идея оформлена как патент на полезную модель № 2010 121008 [6], в котором предлагается сместить часть опорной площадки всех звеньев за ось шарниров (рис. 2).

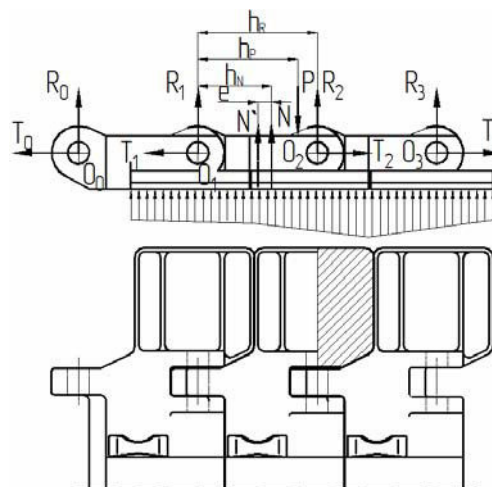


Рис. 2. Схема нагружения гусеничных звеньев со смещенными опорными площадками

Наличие реакции со стороны грунта за пределами проушин приводит к увеличению момента сопротивления повороту звена, в связи со смещением равнодействующей от реакции грунта на величину  $e$  (рис. 2), и, как следствие, к снижению локальных давлений на грунт в зоне шарнира. В свою очередь снижение давлений приводит к уменьшению деформации опорной площадки.

Рассмотрим схему нагружения пары соседних звеньев с учетом предложенной формы опорной поверхности (рис. 3).

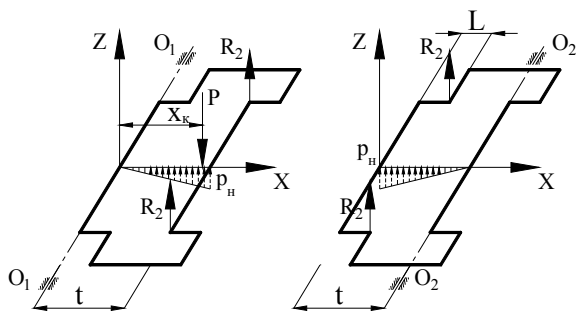


Рис. 3. Расчетная схема

Приняв допущение о неизменности давлений грунта поперек гусеничных звеньев, можно рассмотреть плоскую задачу. Записав сумму моментов всех сил и реакций, действующих на первое и второе звено, а также с учетом равенства реакции в проушинах можно определить нагрузки на звенья.

Сумма моментов всех сил, действующих на первое звено

$$\sum M_i^{O1} = 0, P \cdot x_k - \int_0^t (b - 2 \cdot b_1) \cdot p(x) \cdot x \cdot dx - \int_l^{t+l} 2 \cdot b_1 \cdot p(x) \cdot x \cdot dx - 2R_2 \cdot t = 0, \quad (1)$$

где  $p(x)$  – функция распределения давления грунта вдоль гусеничного звена,  $p(x) = p_H \cdot x/t$ ;  $R_2$  – реакция со стороны второго звена.

Сумма моментов всех сил, действующих на второе звено

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

где  $R_1$  – реакция со стороны первого звена.

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

$$P \cdot x_k - \int_0^t (b - 2 \cdot b_1) \cdot p(x) \cdot x \cdot dx - \int_l^{t+l} 2 \cdot b_1 \cdot p(x) \cdot x \cdot dx - \int_0^t (b - 2 \cdot b_1) \cdot p(x) \cdot x \cdot dx - \int_l^{t+l} 2 \cdot b_1 \cdot p(x) \cdot x \cdot dx = 0. \quad (3)$$

Для удобства анализа выразим значения выступающей части опорной площадки через коэффициенты ширины и шага  $b_1 = b \cdot k_b$ ,  $l = t \cdot k_l$ . С учетом принятых обозначений максимальное локальное давление в зоне шарнира гусеничной ленты будет иметь вид

$$p_H = \frac{3 \cdot P \cdot x_k}{2 \cdot t^2 \cdot b} \cdot \frac{1}{[1 + 6 \cdot k_b \cdot k_l^2 + k_b \cdot k_l^3]}. \quad (4)$$

Полученная формула содержит множитель влияния смещенных опорных площадок. Подставив значения коэффициентов  $k_b = 0$ ,  $k_l = 0$  как для звеньев с прямоугольной опорной площадкой, расположенной между осями, будем иметь выражение

$$p'_H = \frac{3 \cdot P \cdot x_k}{2 \cdot t^2 \cdot b}. \quad (5)$$

Для оценки эффективности предлагаемого решения найдем отношение максимальных давлений звеньев с площадками и без них.

$$k_p = \frac{p_H}{p'_H} = \frac{1}{[1 + 6 \cdot k_b \cdot k_l^2 + k_b \cdot k_l^3]}. \quad (6)$$

Полученный коэффициент  $k_p$  будет меньше единицы, и он показывает степень влияния смещенных площадок на снижение локального давления.

Численный расчет для случая реакции со стороны грунта в форме треугольника показывает степень влияния длины и ширины площадок на снижение давления (рис. 4)

Анализ полученных результатов показывает, что степень эффективности смещенных площадок возрастает с увеличением коэффициента сопротивления смятия грунту.

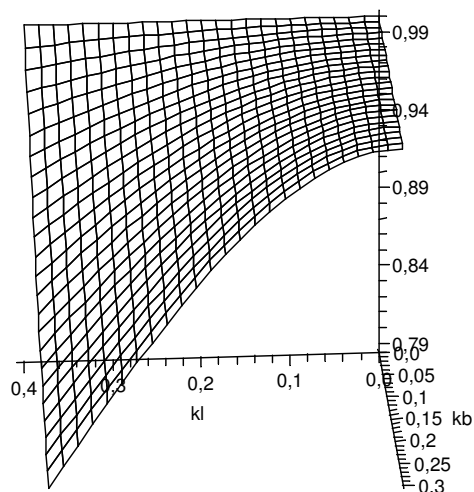


Рис. 4. График поверхности  $k_p(k_l, k_b)$

Также существенную роль играет функция распределения давлений, которая в расчете принималась как  $p(x) = p_H \cdot x/t$ . Данная функция оправдана на жестких грунтах, где не наблюдается значительных величин проседания. Для учета проседания гусеничной ленты в грунт и различных показателей степени компрессионной кривой функция распределения давлений может быть принята как  $p(x) = p_H \cdot (1 + x^m/t \cdot a)$  (рис. 5).

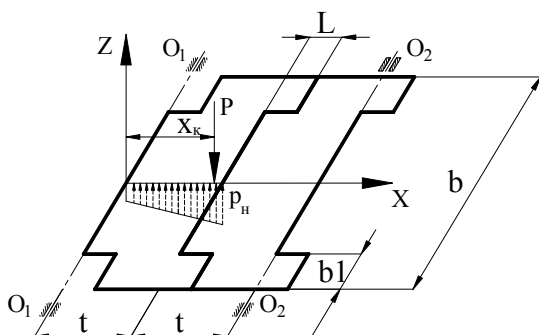


Рис. 5. Схема нагрузки на гусеничные звенья трапециевидной функцией  $p(x)$

В последнем случае коэффициент снижения давления (1) имеет более громоздкий вид. Однако следует отметить, что эффективность смещенных опорных площадок возрастает.

На рис. 6 приведены результаты численного расчета снижения давлений соответственно для функций  $p1(x) = p_H \cdot x/t$ ,  $p2(x) = p_H \cdot x^{1,2}/t$  и  $p3(x) = p_H \cdot (1 + x^{1,2}/t)$ .

Используя известные зависимости ресурса деталей строительных экскаваторов [2] от предельно допустимого износа и скорости

изнашивания, при прочих равных условиях, отношение ресурса гусеничных звеньев со смещенной опорной площадкой к базовой будет иметь вид

$$k_{п.р} = (\varphi_6 / \varphi_{пл})^2,$$

где  $\varphi_6$  – угол поворота звена с прямоугольной опорной площадкой;  $\varphi_{пл}$  – угол поворота звена со смещенной опорной площадкой.

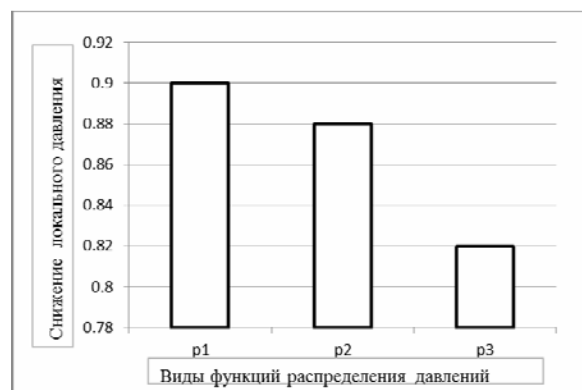


Рис. 6. Зависимость величины снижения локальных давлений от вида функций  $p(x)$

Приняв линейную зависимость между давлением и деформацией, коэффициент повышения ресурса примет вид  $k_{п.р} = k_p^{-2}$ .

Для значений, приведенных на рис. 6, расчетный прирост ресурса составит соответственно 23 %, 29 % и 49 %. Однако следует учесть кинематические и прочностные ограничения, накладываемые на размер смещенных площадок.

## Выводы

На основе полученных результатов можно сделать вывод об эффективности применения гусеничных звеньев со смещенной за ось шарнира частью опорной плиты для снижения локальных давлений в зоне шарнира и уменьшения скорости износа проушин.

## 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 ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2004. – Вып. 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 Интернет-портал «Цепеллин – Украина» <http://www.zepelin.ua>, 2012.
6. Пат. u 2010 12108 Украина, МПК(2009) E02F 3/00. Ланка гусеничного ланцюга / Койнаш В.О. ; заявник та патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – №4799/ЗУ/10 ; заявлено 13.10.2010 ; опубл. 13.12.2010.

Рецензент: Е.С. Венцель, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 3 декабря 2012 г.

---

---