

2. Хмара Л.А., В.А. Пенчук. Дальнейшее совершенствование конструкций комбинированных рабочих органов на базе метода функционального расчленения. – Вестник Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. – Днепропетровск: ПГАСиА, 2006. - №12. С. 45-53.

2. Баловнев В.И., Хмара Л.А. Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве. – М.: Транспорт, 1993. – 383 с.

3. Баловнев В.И. Методы физического моделирования рабочих процессов дорожно-строительных машин. М., «Машиностроение», 1974, 232 с.

4. Пристайло Ю.П., Крупко В.А. Зависимость коэффициента энергоемкости рзания от параметров среза при полусвободном и свободном резании. «Горные, строительные и дорожные машины», 1976, вып. 22, С. 20-25.

5. Чудновский В.Ю. Критерии подобия грунтов при моделировании рабочего процесса роторных экскаваторов. – «Горные, строительные и дорожные машины», 1978, вып. 26, С. 33-38.

6. Смирнов В.Н. Особенности процессат разрушения грунтов при косом резании. – «Горные, строительные и дорожные машины», 1978, вып. 26, С. 52-56.

7. Крупко В.А., Смирнов В.Н. Размеры области пластической деформации модели грунта при резании плоским ножом. - Горные, строительные и дорожные машины: Респ. межвед. науч.-техн. сб. 1985, вып. 38, С. 47-50.

8. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. – К.: Техніка, 1975. – 168 с.

УДК 621.878.6

Л.А. ХМАРА, докт.техн.наук, М.І. ДЕРЕВ'ЯНЧУК, ст. викл.,

Ю.С. ПКУШ, М.А. СПІЛЬНИК, магістр

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСА ЗАПОВНЕННЯ ГЛИБОКОЇ ПЕРЕДНЬОЇ ЗАСЛІНКИ КОВША СКРЕПЕРА

Вступ. Підвищення продуктивності скреперних агрегатів за рахунок збільшення об'єму завантажуваного ґрунту при сталих значеннях енергетичних затрат є важливою задачею.

Проблема. Відомо, що збільшення кількості завантаженого в ківш скрепера ґрунта за рахунок його ущільнення призводить до суттєвого підвищення опору наповненню ковша, а так, до необхідності підвищення тягового класу трактора-штовхача. Збільшення об'єму ковша за рахунок його подовження або збільшення висоти в умовах обмеження ширини також не дає позитивного результату, оскільки в першому випадку призводить до утворення порожнин в задній частині ковша, а в другому – різкому підвищенню опору наповненню.

В результаті чисельних експериментально-теоретичних досліджень геометричні параметри ковшів скреперів напірного (традиційного) типу в значній мірі оптимізовані, а шляхи удосконалення обмежені. Тому пошук нових конструктивних рішень в даному напрямку є своєчасною і актуальною задачею.

Шляхи вирішення проблеми. Одним із перспективних напрямів вирішення вище означеної проблеми є збільшення ємкості ковшів скреперів за рахунок розвитку їхньої передньої частини, що досягається використанням глибоких передніх заслінок.

При традиційній технології заповнення ковша, як показали експериментальні дослідження, використання глибоких заслінок не дають бажаних результатів. Зважаючи на це, виникла ідея двох стадійної технології заповнення ковша скрепера, оснащеного глибокою передньою заслінкою [1]. Суть двох стадійної технології заповнення ковша скрепера та ефективність глибоких передніх заслінок знайшли відображення і наукове обґрунтування в дослідженнях к.т.н. Карпушина С.О.[1]. В опублікованих матеріалах на основі експериментально-теоретичних досліджень було показано, що застосування на першій стадії, так званого, бульдозерного варіанта заповнення порожнини передньої заслінки дозволяє без підвищення тягового зусилля збільшити об'єм завантаженого ґрунта на 25...35%. При цьому досліджувався ківш з глибокою передньою заслінкою при шарнірно-поворотній системі її навіски, яка обмежувала ефективність. В зв'язку з цим нами була запропонована конструкція глибокої передньої заслінки адаптивного типу, система навіски якої дозволяє адаптувати її днище до поверхні забою і, таким чином, усувати процес утворення призми волочіння.

Задача. Враховуючи вище викладене, була поставлена задача теоретичного аналізу процесу заповнення глибокої передньої заслінки адаптивного типу при реалізації першої стадії заповнення з метою аналітичної оцінки максимального значення діючого опору.

Суть роботи. В основу теоретичного дослідження покладені основні положення теорії граничної рівноваги сипкого середовища стосовно до процесу копання ґрунта неповоротним відвалом бульдозера постійної кривизни, що розроблені проф. Баловневим В.І. [2].

В відповідності до прийнятої розрахункової схеми, що показана на рис.1. основними параметрами робочого обладнання є висота бокових стінок передньої заслінки, що дорівнюють висоті ковша H , довжина та ширина донної частини заслінки. Задня стінка представляє собою відвал постійної кривизни, радіус якої дорівнює висоті ковша. При копанні ґрунту донна частина передньої заслінки адаптована до поверхні забою, а її заднє ребро зміщене відносно леза ковша на відстань, що відповідає умові вільного просування вирізаного ґрунтового пласта в порожнину ковша. До режиму копання відносяться товщина стружки h і кут різання ґрунту α .

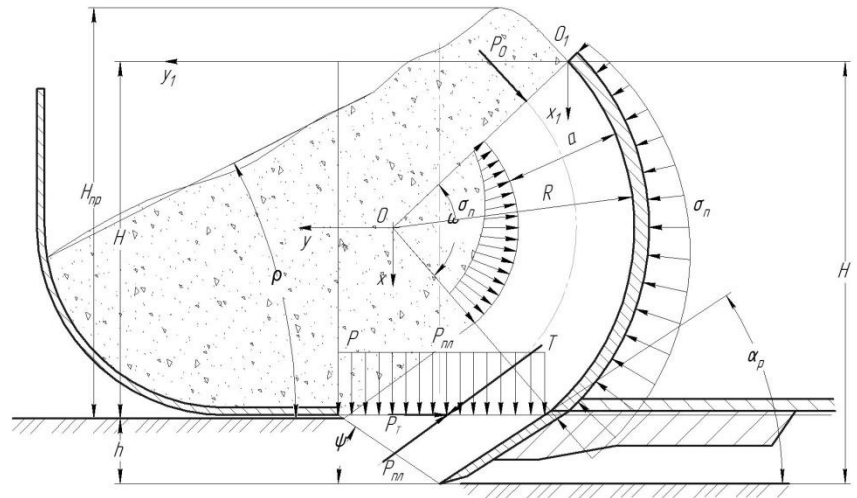


Рис. 1. Розрахункова схема визначення опору копанню в бульдозерному варіанті завантаження передньої частини ковша.

Розрахункова схема відображає найбільш енергоємну кінцеву стадію заповнення передньої частини ковша

На кінцевому етапі копання скрепер в бульдозерному варіанті заповнення передньої частини ковша долає опір копанню і опір пересуванню самого скрепера під навантаженням. Опір копанню в загальному випадку включає наступні види опорів: 1) опір різанню та горизонтальну складову опорів руху пласта по відвалу, тертя о бічні стінки ковша; 2) горизонтальну складову підйому вирізаного пласта по поверхні задньої стінки.

$$P_K = P_P + P_{гор},$$

де P_P – опір різанню з урахуванням опору руху пласта по відвалу і опору тертя о бічні стінки ковша; $P_{гор}$ – горизонтальна складова опору підйому пласта.

Величина сили P_P може бути визначена по формулі:

$$D_{\delta} = (1 + ctg \alpha \cdot tg \delta) \cdot A_1 \cdot B \cdot h \cdot \left(\frac{\gamma \cdot h}{2} + c \cdot ctg \rho + \frac{k \delta \delta D_{\text{в}} \sin \alpha \delta}{\hat{A} \cdot \hat{a}} \right), \quad (1)$$

де величина a визначається за формулою:

$$\hat{a} = k_{\psi} \cdot h \quad (2)$$

Величина $P_{гор}$ може бути визначена на підставі розглянутої методики. При $k > 0,9-1,1$ цією величиною можна знехтувати. Підставляючи значення $P_{пл}$ і спрощуючи, отримаємо:

$$D_{\hat{e}} = \left(1 + \operatorname{tg} \alpha_{\delta} \cdot \operatorname{tg} \delta\right) \cdot A_1 \cdot B \cdot h \cdot \left[\frac{\gamma \cdot h}{2} + c \cdot \operatorname{ctg} \rho + \right. \\ \left. + \frac{k_{\delta\delta} \sin \alpha_{\delta}}{k_{\psi}} (\operatorname{tg} \delta + \operatorname{tg} \rho) \cdot \gamma_p \cdot \cos^2 \rho \cdot \frac{H^2}{h} \cdot k \cdot \arcsin \frac{1}{2k} \left(1 + \operatorname{tg} \delta \cdot \arcsin \frac{1}{2k}\right) + \gamma_p \dot{I} \right] + \\ + 2 \operatorname{tg} \delta \cdot A_4 \dot{I} h \left(\frac{\gamma \cdot h}{2} + c \cdot \operatorname{ctg} \rho \right), \quad (3)$$

де α_p – кут різання, град; B – ширина різання, що дорівнює ширині ковша; L_6 – ширина бічного ножа; h – глибина різання; γ – об’ємна вага ґрунту з непорушеною структурою; γ_p – об’ємна вага ґрунту з порушеною структурою; ρ – кут внутрішнього тертя розроблюваного ґрунту, град; δ – кут зовнішнього тертя, град;

c – зчеплення ґрунту з непорушеною структурою; k_{ψ} – коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$k_{\psi} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{\delta} + \operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg} \alpha_{\delta} \operatorname{tg} \psi}; \quad (4)$$

$k_{\text{тр}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив опору на бокових поверхнях пласта (наприклад, тертя о бокові стінки). Величина коефіцієнта $k_{\text{тр}}$ може бути визначена на підставі наступного виразу:

$$k_{\delta\delta} = 1 + k_{\psi} \cdot \frac{h}{B} \cdot \frac{\int_0^H \tau_{\text{н}\delta} dx}{\int_0^H \tau_{\text{а}\delta} dx}, \quad (5)$$

де $\tau_{\text{ст}}$ – дотичне напруження, що виникає на бічних поверхнях шару; $\tau_{\text{тр}}$ – дотичне напруження, що виникає на передній і задній поверхнях ковзання пласта. Можна вважати, що $\tau_{\text{ст}} = \tau_{\text{тр}}$, тому в першому наближенні:

$$k_{\delta\delta} = 1 + k_{\psi} \cdot \frac{h}{B}. \quad (6)$$

A_1 ; A_4 – коефіцієнти, які визначаються відповідно за формулами:

$$A_1 = \frac{1 - \sin \rho \cdot \cos 2\alpha_p}{1 - \sin \rho}; \\ A_3 = A_4 = \frac{\cos \delta \left(\cos \delta + \sqrt{\sin^2 \rho - \sin^2 \delta} \right)}{1 - \sin \rho} \cdot e^{\left(\delta + \arcsin \frac{\sin \delta}{\sin \rho} \right) \operatorname{tg} \rho}. \quad (7)$$

Напрямок руху пласта на кінцевому етапі не завжди буде проходити по поверхні відвалу. Він буде визначатися величиною опорів, що виникають на шляху можливого просування, а також міцностними властивостями стружки, що вирізається. Слід очікувати, що кінцевий етап копання, не буде супроводжуватися рухом пласта безпосередньо по відвалу. Найбільш

ймовірно припустити рух шару у напрямку, близькому до вертикалі. Поверхню ковзання в цьому випадку можна представити у вигляді криволінійної поверхні з досить великим радіусом кривизни ($R > H$). При цьому формула (3) для визначення P_k спрощується:

$$D_{\hat{e}} = (1 + ctg\alpha \cdot \delta \cdot tg\delta) \cdot A_I \cdot B \cdot h \cdot \left[\frac{\gamma \cdot h}{2} + c \cdot ctg\rho + \frac{k\delta \cdot tg\rho}{k_{\psi}} \cdot \gamma_p \cdot \cos^2\rho \cdot \frac{H^2}{h} + \gamma_p \cdot f \right]. \quad (8)$$

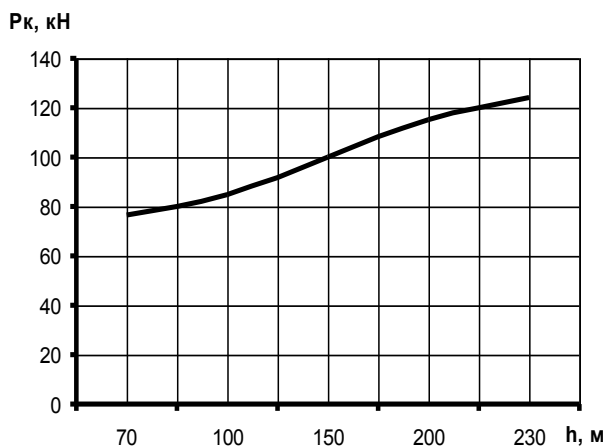


Рис.2. Графік залежності $P_k=f(h)$.

Аналіз даного виразу показує, що на кінцевому етапі заповнення передньої частини ковша максимальне значення опору ґрунта копанню P_k є функцією геометричних параметрів ковша, фізико-механічних властивостей ґрунту та режиму копання, що визначається товщиною стружки h і кутом різання α_p .

Чисельний аналіз залежності опору ґрунта копанню P_k від h показаний на графіку рис.2. Розглядався процес заповнення передньої частини ковша скрепера ДЗ-11П.

В якості вихідних прийняті наступні чисельні значення величин, що входять в склад формули (9): $H=1,6$ м; $V=2,85$ м; $\alpha_p=35^0$; $\gamma=1800$ кг/м³; $\gamma_p=1800$ кг/м³; $C=100$ кг/м²; $\delta=22^0$; $\rho=40^0$; $\psi=25^0$. Товщина стружки h змінювалась в інтервалі 70...230 мм. Як видно із графіка, при збільшенні товщини стружки в межах 70...150мм спостерігається інтенсивне зростання P_k . В інтервалі значень $h=150...230$ мм залежність $P_k=f(h)$ носить екстенсивний характер, що пояснюється зменшенням впливу на загальне значення P_k опору ґрунта різанню ножовою системою ковша.

Із формули видно, що найбільш впливовим фактором на максимальне значення P_k є висота бокових стінок глибокої заслінки H . Адаптація днища передньої заслінки до поверхні забою на першій стадії заповнення ковша дозволяє накопичувати в її порожнині максимальну кількість ґрунта, а також усунути, або мінімізувати процес призоутворення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хмара Л.А., Деревянчук М.И., Карпушин С.А. Исследование процесса копания ґрунта при двухстадийной технологи загрузки ковша./ Сб. науч. Раб. –ПГАСА, 1998, С. 44-55.
2. Баловнев В.И. Новые методы расчета сопротивления резанию ґрунтов. Росвузиздат, 1963, 94 с.