

В результате проведенных исследований установлено, что при удельном давлении прессования 100 МПа введение добавок в шихту брикетов приводит к повышению их прочности. Применение связующих неорганических добавок для изготовления брикетов позволяет применять для брикетирования меньшее давление прессования (70,0 – 75,0 Мпа), т. е. возможен выбор прессы с меньшей металлоемкостью, следовательно, с более низкой ценой. Такие прессы с производительностью до 5-7 т/ч (5,5-7,5 м<sup>3</sup>/ч) изго-

тавливает Красноярский завод тяжелых экскаваторов – ЗАО «КЗТЭ».

#### Литература

1. Технический анализ в цветной металлургии / Н. С. Суворовская [и др.]. М., 1957. 567 с.
2. Куликов Б. П., Истомина С. П. Переработка отходов алюминиевого производства. СПб. : МАНЭБ, 2004. 477 с.
3. Металлургия чугуна / Е. Ф. Бегман [и др.]. М. : Металлургия, 1989. 512 с.

УДК 629.114.2:629.11.013

А.А. Климов, А.В. Стручков\*

### СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДАТЛИВОСТИ ГРУНТОВ

*В статье рассмотрен вопрос о влиянии податливости грунтов на динамические характеристики элементов трансмиссии трактора при построении динамических моделей бульдозерных агрегатов. Установлено, что при составлении динамических моделей тракторных трансмиссий важно определить предел касательного усилия, при котором еще сохраняются упругие свойства грунта (до срыва грунта). Предлагается способ определения податливости грунта и предельных касательных усилий (до срыва грунта), который может быть использован при расчетах динамической нагруженности трансмиссионных систем промышленных тракторов на стадии проектирования.*

**Ключевые слова:** способ определения, податливость грунтов, динамическая нагруженность, трансмиссионные системы, гусеничный трактор.

При теоретическом исследовании динамической нагруженности трансмиссионных систем проводится построение идеализированных динамических и математических моделей. Качество теоретического анализа динамической нагруженности механизма в основном зависит от полноты и точности определения динамических параметров всех кинематических составляющих.

Анализируя внутреннюю динамику трансмиссионной системы гусеничного трактора при выполнении землеройных работ с точки зрения конструирования

деталей и узлов равнопрочными, важно учитывать влияние внешней динамической подсистемы как задающей силовые параметры и их колебания, а именно систем «грунт-гусеница» и «призма грунта – навесное оборудование» [1].

Работа бульдозерного агрегата характеризуется относительно резким колебанием сил сопротивления, что влечет за собой повышение суммарной степени неравномерности и буксования. Рост скорости бульдозирования вызывает пропорциональный рост буксования и амплитудной составляющей нагрузки транс-

\* - автор, с которым следует вести переписку.

миссии, особенно от возбуждающего фактора – гусеничных зацеплений. Буксование трактора и изменение динамических нагрузок в трансмиссии носят случайный характер, и связь между амплитудами динамических нагрузок и буксованием также является стохастической, т. е. она обнаруживается при массовом изучении признаков. Изучение корреляционных признаков при обработке материалов экспериментальных исследований бульдозерного агрегата на базе трактора Алтайского тракторного завода класса 40 кН [2] показало, что корреляционная зависимость между буксованием и амплитудной интенсивностью динамических нагрузок, возбуждаемых гусеничным зацеплением, описывается [3] выражением

$$\delta = 0,927 \cdot A_{\text{гус}} + 5,26, \quad (1)$$

где  $A_{\text{гус}}$  в кг·м – амплитуда крутильных колебаний, возбуждаемых гусеничными зацеплениями;  $\delta$  – буксование трактора в %.

Указанная взаимосвязь дает возможность приближенно оценить уровень динамических нагрузок в трансмиссии в зависимости от эксплуатационных параметров, одной из важнейшей из них – буксования.

Качество и точность расчета динамических нагрузок в значительной степени зависят от точности определения параметров динамических систем – податливостей упругих участков – коэффициентов демпфирования и моментов инерции движущихся частей. При этом теоретическое определение величины податливости грунта в динамической модели бульдозерного агрегата является наиболее трудной задачей из-за большого разброса физических параметров грунтов [1].

При больших величинах податливости грунт является фильтрующим элементом в динамической модели. Чем меньше податливость грунта, тем выше пропускная способность колебаний средней и высокой частоты от «трансмиссионной» системы. Главным обобщающим показателем для величины податливости грунта являются его свойства: сопротивление

грунта сдвигу и сила трения, возникающая между частицами грунта при их относительном сдвиге.

Кроме того, при составлении динамических моделей важно определить предел касательного усилия, при котором еще сохраняются упругие свойства грунта (до срыва грунта).

Анализ существующих методов и средств для определения податливости грунтов показал, что наиболее подходящим является способ для исследования взаимодействия гусеничного трака с грунтом, реализованный в устройстве (авторское свидетельство СССР №1418594, МКИ G01M 17/00, опубликованное 23.08.88). Способ реализуется при помощи заявленного устройства через нагружение слоя почвогрунта через тензометрический трак нормальной вертикальной и касательной нагрузками, создаваемыми гидроцилиндрами, а именно, шток гидроцилиндра воздействует на трак усилием, соответствующим вертикальной нагрузке на него в работающей на транспортном средстве гусенице. При заглублении трака в грунт устройство с помощью трактора перемещается относительно грунта, при этом горизонтальная реакция стремится опрокинуть короб, который через направляющие ролики воздействует на тензометрические тяги, растягивая их. Величина горизонтальной реакции грунта определяется как разность растягивающих усилий на нижних и верхних тягах. После протягивания трака на определенное расстояние происходит выглубление его из грунта с помощью силового гидроцилиндра, затем цикл повторяется.

Недостатком данного способа является искажение достоверной информации, т. к. дополнительные грунтозацепы находятся на разных расстояниях от основного грунтозацепа, внедряющегося в грунт, что влечет за собой формирование неравномерных грунтовых кирпичей. Кроме того, расположение дополнительных грунтозацепов и внедряющегося между ними основного грунтозацепа противоре-

чит реальной картине движения гусеничного трактора, т. к. заглобляемый грунтозацеп не может находиться между двумя уже погруженными в слой почвогрунта грунтозацепами, что приводит к увеличению давления со стороны горизонтального нагружающего гидроцилиндра и, в свою очередь, к повышению нагрузок по сравнению с реальными условиями.

Поэтому с целью определения податливости грунтов в условиях, наиболее приближенных к реальным, а следовательно и повышения достоверности информации об упругих свойствах грунта, нами был предложен способ определения податливости грунта и предела касательного усилия, при котором еще сохраняются упругие свойства грунта (до срыва грунта).

Способ реализуется следующим образом.

Трактор с гидромеханической трансмиссией через силоизмерительное устройство жестко фиксируют на участке исследуемого грунта (рис. 1). Гидромеханическая трансмиссия позволяет получить ступенчатую нагрузку плавно, без срыва грунта. Нагрузку задают плавно при помощи акселератора и фиксируют силоизмерительным устройством в пределах от 3 до 34 кН, т. е. с нагрузки, соот-

ветствующей цене деления силоизмерительного устройства до нагрузки, соответствующей моменту срыва грунта. При этом одновременно измеряют деформацию грунта от действия касательного усилия грунтозацепа трака на грунт, соответствующую перемещению нижнего трака гусеницы. Фиксируемая посредством силоизмерительного устройства нагрузка равна касательному усилию грунтозацепа трака на грунт на основе законов статики. На основании полученных данных строят график зависимости деформации грунта от касательного усилия грунтозацепа трака на грунт (рис. 2), и по точке излома прямой графика зависимости определяют предельное касательное усилие грунтозацепа трака на грунт  $P_K^{пред} = 33$  кН, при котором еще не происходит срыв грунта, и соответствующую ему предельную упругую деформацию сдвига грунта  $H^{пред} = 4,5$  мм. Полученная предельная деформация грунта пересчитывается в линейную податливость:

$$\ell_L = \frac{H^{пред}}{P_K^{пред}} = \frac{0,0045}{33} = 0,000136 \frac{\text{м}}{\text{кН}}.$$

Предложенный способ позволяет повысить достоверность информации.

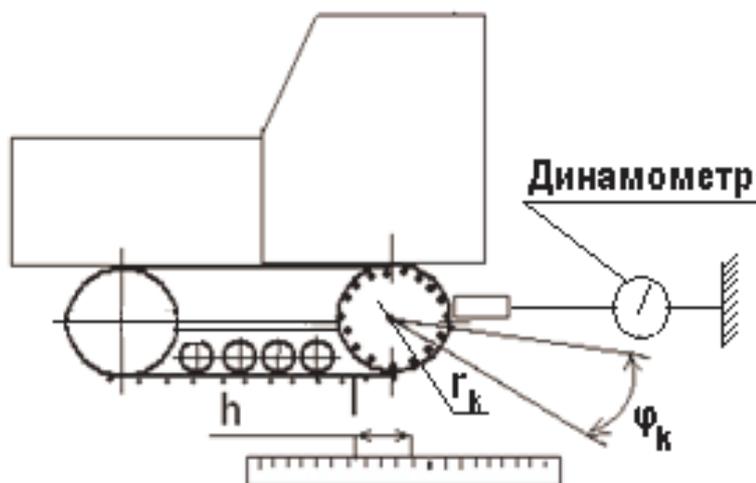
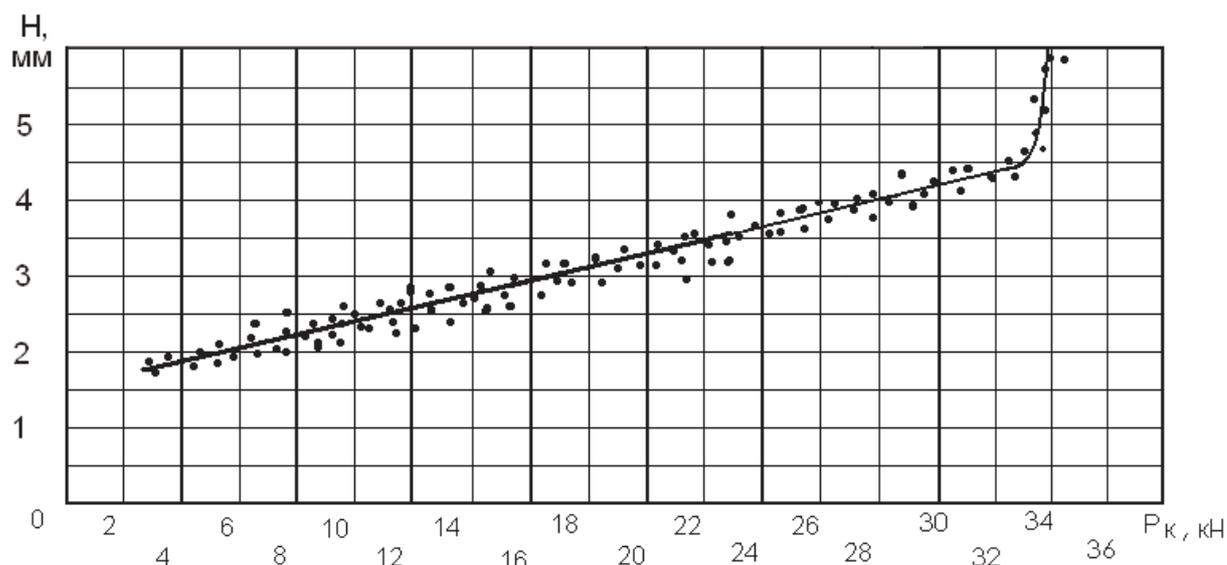


Рис. 1. Схема экспериментальных исследований податливости грунта.



**Рис. 2. График зависимости деформации грунта от касательного усилия грунтозацепа трака на грунт.**

На рис. 2 приведены зависимости перемещения нижней ветви гусеницы от горизонтальной нагрузки на ней на грунте плотности – до 15 ударов ударником ДОРНИИ.

На данный способ нами была подана заявка на изобретение и получено положительное решение по заявке на изобретение №2010111317/28 (015912) от 11.01.2011 [5].

#### *Литература*

1. Климов А. А., Стручков А. В. К вопросу определения податливости грунтов при построении динамических моделей тракторов, агрегатированных бульдозерами // Вестн. КрасГАУ. 2008. Вып. 2. С. 204 - 209.

2. Климов А. А. Совершенствование конструкций и повышение надежности тракторов и погрузчиков. Красноярск, 2003. С. 12-18.

3. Елизенцев П. А. Улучшение тягово-динамических качеств высокоэнергонасыщенных тракторов. Красноярск, 1973. С. 12-18.

4. Совершенствование конструкций и повышение производительности тракторов и сельхозмашин / В. А. Золотухин [и др.]. Красноярск, 1973. С. 74-80.

5. Положительное решение по заявке на изобретение №2010111317/28 (015912), 11.01.2011. Способ определения податливости грунта. Ереско С.П., Стручков А.В., Климов А.А., Ереско Т.Т., Меновщиков В.А.