

СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 621.878.1

С.ДЖ.ТУРГУМБАЕВ

E-mail: ksucta@elcat.kg

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА КОПАНИЯ ГРУНТОВ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН В ПОДВОДНЫХ УСЛОВИЯХ

Деңиздердин жана океандардын астынан катуу казылып алынма кендерди алуучу бар машиналардын мүнөздөмөлөрү берилген, катуу конкрецияларды казып алуучу машиналардын жумушчу органдарынын өсүү тенденциясы аныкталган.

В работе приведены результаты анализа процесса копания грунтов режущим ножом отвала землеройных машин в подводных условиях. Установлено, что вариации сил копания под гидростатическим давлением больше критического давления меньше чем при резании под водой с давлением ниже критического давления, а также ниже, чем при «сухом» резании.

The results of soil digging process analyses by excavator's cutting blade in the underwater conditions are given. The variation of cutting forces under hydrostatic pressure more than critical pressure is less than cutting forces under hydrostatic pressure less than critical pressure, also less than "dry" cutting of soil/

Процесс подводного копания грунта режущим ножом отвала землеройных машин под гидростатическим давлением меньше критического протекает в следующем порядке (рис. 1). При надвигании режущего элемента на массив грунта перед режущей кромкой происходит сжатие грунта. При достижении предельного состояния происходит сдвиг грунтовой стружки по поверхности AC . Поверхность скольжения начинается от точки A , находящейся несколько выше кромки A_1 . Происходит выпирание призмы ABC , которая

условно считается затвердевшей. Одновременно с боковых сторон отвала также выпирает часть грунта, образуя боковые прорезы /1/.

При отделении от массива грунтовой стружки (призмы) за счет действия подъемной силы, равной разности плотностей грунта и воды, направленной вверх, несколько уменьшается сопротивление резанию. В процессе резания, таким образом, происходят периодические выпирания призм грунта перед режущей кромкой, обусловленной сдвигами грунта вследствие его сжатия. На осциллограммах минимальные значения сопротивлений резанию не достигают нуля (рис. 2), что свидетельствует о наличии зоны постоянного сжатия грунта отвалом. Ориентировочно можно считать, что минимальные значения сопротивления резанию характеризуются сопротивлением сжатию грунта в зоне $h - h_0$ (рис. 1) и силой тяжести отделенной от массива призмы грунта с учетом действия подъемной силы.

При нормальном законе распределения плотностей вероятностей мгновенных значений сопротивления резанию зависимость между экстремальными и средними его значениями приближенно можно записать /1/:

$$P_{min} = P_{cp} - 3\sigma = P_{cp}(1 - 3k) ,$$

$$P_{max} = P_{cp} + 3\sigma = P_{cp}(1 + 3k) ,$$

$$P_{max} - P_{min} = 6 P_{cp} k ,$$

где σ – среднее квадратическое отклонение; k – коэффициент вариации.

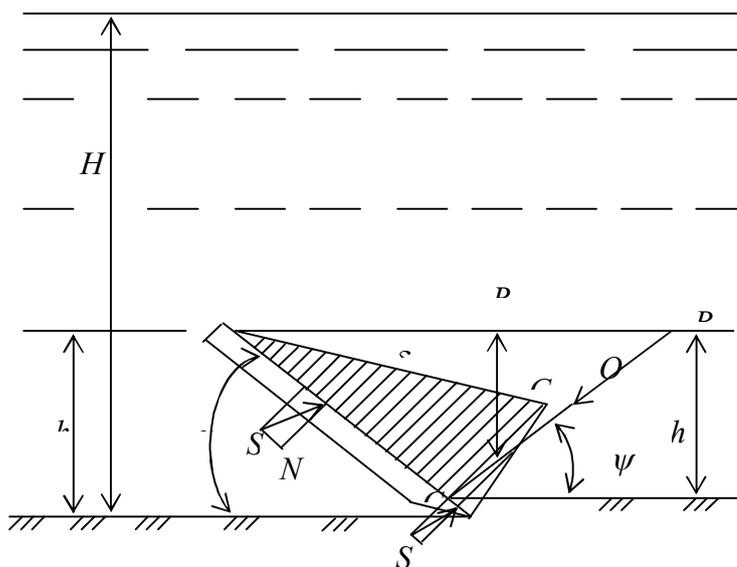


Рис. 1. Схема взаимодействия режущего ножа отвала землеройных машин с грунтом в подводных условиях (гидростатическое давление незначительное)

Среднее значение сопротивления резанию

$$P_{cp} = (P_{max} + P_{min}) / 2 .$$

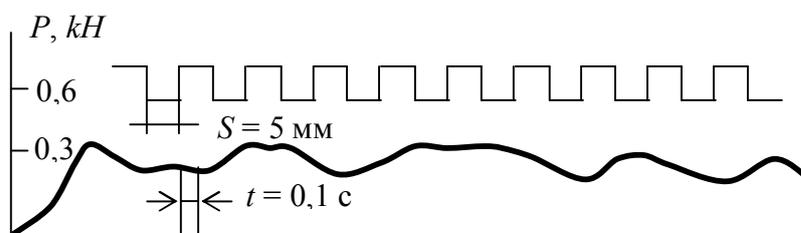
Эпюра нормальных напряжений, действующих на переднюю грань отвала, состоит из двух зон (рис. 1). Экспериментальными исследованиями /2/ показано, что в зоне сдвига давление распределено по экспоненте, которая для упрощения заменена треугольником с начальной ординатой (точка A), равной ординате на участке сдвига, и давлением, равным нулю в точке B . Очевидно, на кромке (точка A_1) давление также равно нулю, что позволяет распределение напряжений в зоне сжатия также принимать приближенно треугольным. При возрастании гидростатического давления контур эпюры нормальных напряжений приобретает вид трапеции.

Приведенные выше зависимости отражают физическую картину процесса резания грунта при элементном виде стружкообразования, наиболее характерном для случаев «сухого» резания и резания под водой при наличии гидростатического давления меньше критического. Характер стружкообразования (с отрывом, элементный, ступенчатый, сливной) при резании грунта под водой обусловлен не только состоянием грунта и параметрами режущего органа, но и влиянием гидростатического давления /2/.

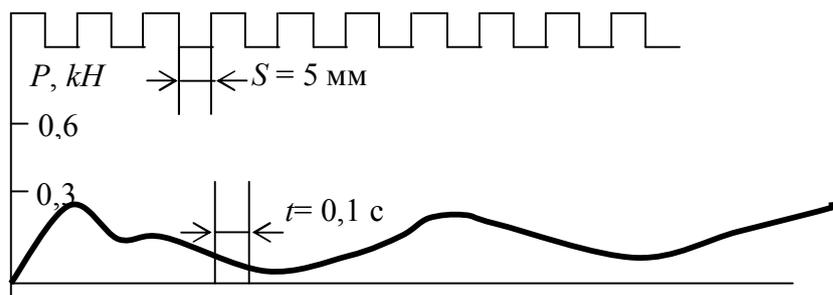
Из представленных выражений видно, что коэффициент вариации сопротивления резанию k_v зависит от отношения h_o / h , обусловленного в основном прочностью грунта и параметрами резания. Из анализа зависимости по определению P_{cp} следует, что среднее значение сопротивления резанию грунта под водой с гидростатическим давлением меньше критического $p < p_{CR}$ и несколько ниже, чем при «сухом» резании.

В этих условиях резания грунтов уменьшается нижний предел сопротивления резанию за счет действия подъемной силы жидкости. При соблюдении условия возможны случаи как перемещения грунтового пласта по клину, так и отклонения от него /6/.

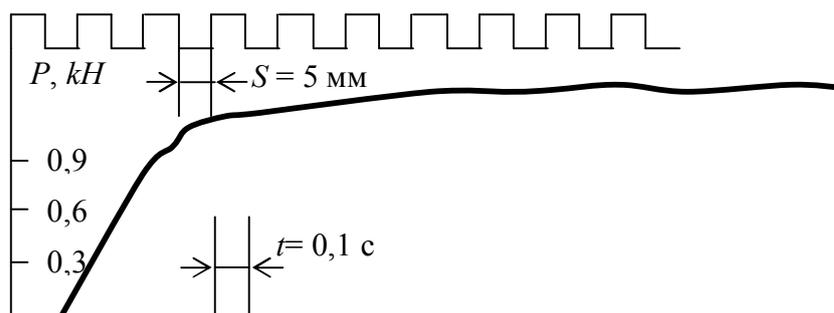
Процесс разрушения грунтов землеройными машинами, как было показано исследованиями, проведенными в ЦНИИС, КИСИ, МАДИ и др., относится к явлениям, протекающим со случайными возмущениями /1, 3, 4/. Он требует изучения закономерностей процессов взаимодействия рабочих органов землеройных машин с грунтом под гидростатическим давлением с использованием методов проведения и обработки экспериментов на основе положений теории вероятностей и математической статистики.



A



B



C

Рис. 2. Осциллограмма усилий резания грунтов в подводных условиях:
 А – «сухое» резание; В – при незначительном гидростатическом давлении;
 С – при значительном гидростатическом давлении

Основой информации для расчета были осциллограммы нагрузок (рис. 2), действующих на рабочий орган в процессе копания. Для подготовки информации к вводу в ЭВМ использовался преобразователь графиков Ф009 /4/.

Исследования показали, что для случайных процессов резания грунтов на суше, под водой без давления и под гидростатическим давлением функции математического ожидания силы резания практически постоянны на всем пути резания за исключением

очень короткого начального участка, соответствующего врезанию рабочего органа в грунтовой массив. Установлено, что мгновенные значения касательной и нормальной составляющих силы резания грунта при наличии гидростатического давления распределены по нормальному закону. Изменения силы резания грунта можно отнести к стационарному процессу /5/.

Обработка осциллограммных записей показала, что при резании грунта под водой под гидростатическим давлением до 1,0 МПа наряду со значительным снижением коэффициента вариации усилий резания в два раза снижается и амплитуда их случайных флуктуаций. В то же время при резании под водой без гидростатического давления по сравнению с резанием на суше коэффициент вариации и амплитуда случайных флуктуаций усилий выше, чем при резании на суше, что связано с изменением характера стружкообразования в каждом из этих случаев. При принятых параметрах отвала и режимах резания «сухое» резание характеризовалось элементным стружкообразованием, резание под водой без давления – также элементным стружкообразованием, сопровождаемым периодическими отрывами стружки, а резание под гидростатическим давлением характеризовалось образованием сливной стружки.

На рис. 3, 4 представлены нормированные корреляционные функции составляющих усилия резания грунтов режущим ножом отвала для различных случаев. Как видно из графиков, характер изменения корреляционных функций касательной и нормальной составляющих близок друг к другу. Коэффициент корреляции этих величин близок к единице. Корреляционная функция силы резания при сухом резании затухает более интенсивно, силы резания под гидростатическим давлением – наименее интенсивно. Для процесса резания грунта под гидростатическим давлением преобладают частоты 0,45-0,85 1/с, для «сухого» резания, как и резания под водой без давления – 1,2-2,4 1/с (рис. 5).

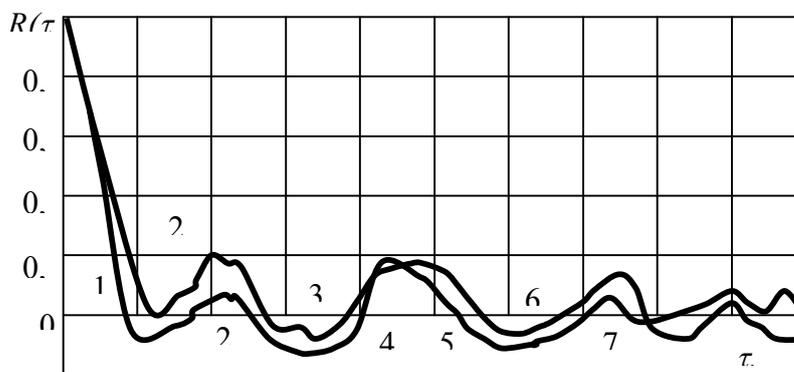


Рис. 3. Корреляционные функции касательной (1) и нормальной (2) составляющих усилия резания при «сухом» резании

Таким образом, с увеличением гидростатического давления, несмотря на значительное повышение энергоемкости резания грунтов режущими ножами отвалов, динамичность этого процесса существенно уменьшается как по амплитуде, так и по частоте случайных флуктуаций касательной и нормальной составляющих усилия резания. Это наблюдается при увеличении глубины погружения выше критической, когда влияние гидростатического давления начинает преобладать над влиянием силы Архимеда, т.е. при увеличении гидростатического давления более 0,07 МПа. Резание под водой на малых глубинах, практически при отсутствии гидростатического давления, динамически ухудшает режим нагружения по амплитуде и частоте изменений усилий, хотя их среднее значение несколько снижается благодаря действию подъемной силы и эффекту смазки.

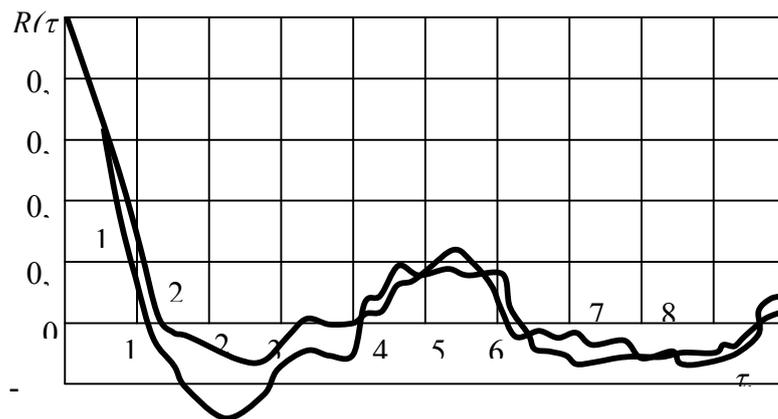


Рис. 4. Корреляционные функции касательной (1) и нормальной (2) составляющих усилия резания под гидростатическим давлением меньше критического

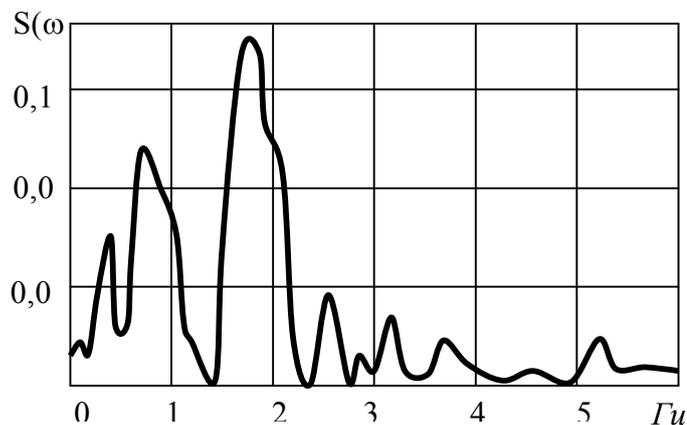


Рис. 5. Спектральная плотность касательной составляющей усилия резания грунта под гидростатическим давлением

Вывод: статистический анализ силы копания грунтов режущим ножом отвала бульдозера землеройных машин показал, что вариации сил копания под гидростатическим давлением больше критического давления меньше чем при резании под водой с давлением ниже критического давления, а также ниже, чем при «сухом» резании.

Список литературы

1. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. – М.: Машиностроение, 1971. – 357 с.
2. Недорезов И.А., Тургумбаев Ж.Ж. Исследование процесса резания грунтов под гидростатическим давлением // Строительные и дорожные машины. – 1979. – № 5. – С. 8-9.
3. Огородников С.П. Некоторые вопросы теории подводной разработки грунтов // Гидромеханизация при разработке тяжелых грунтов. – М.: ЦНИИТЭСТРОМ, 1968. – С. 9-43.
4. Федоров Д.И. Рабочие органы землеройных машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 288 с.
5. Тургумбаев Ж.Ж. Статистический анализ процесса резания грунтов под водой // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1983. – № 7. – С. 130-133.
6. Тургумбаев Ж.Ж. Анализ процесса резания грунтов под водой // Исследования машин для земляных работ: Сб. научн. тр. – М.: ЦНИИС, 1984. – С. 78-83.