

УДК 621.869

НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА БУЛЬДОЗЕР ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ГРУНТА

Н.В. Розенфельд, ст. преп., Ю.А. Доля, студ.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Рассмотрено движение бульдозера по неровностям реального забоя. Определены величины перемещений отвала вследствие неровностей забоя, рассчитаны значения величины срезаемой стружки по длине отвала и длине забоя. Рассчитаны величины возникающей силы резания грунта по пути забоя, точки приложения равнодействующей силы резания.

Ключевые слова: бульдозер, неровности забоя, ординаты, дифферент, крен, усилие резания.

НАВАНТАЖЕННЯ, ЩО ДІЮТЬ НА БУЛЬДОЗЕР ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ГРУНТУ

Н.В. Розенфельд, ст. викл., Ю.А. Доля, студ.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Розглянуто рух бульдозера нерівностями реального забою. Визначено величини переміщень відвала під впливом нерівностей забою, розраховано значення величини зрізуваної стружки за довжиною відвала та довжиною забою. Розраховано величини сили різання ґрунту, що виникає шляхом руху забоєм, точки прикладення рівнодійної сили різання.

Ключові слова: бульдозер, нерівності забою, ординати, диферент, крен, зусилля різання.

LOADS ACTING ON A BULLDOZER AT SOIL TRANSPORTATION

N. Rozenfeld, Senior Lecturer, Yu. Dolya, student,
Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. The range of the bulldozer blade movement resulting from the digging face variation has been determined. The magnitude of the blade shifts under irregularities of the face has been determined, values of the chips along the digging face and lengthwise have been calculated. The values of the soil cutting force along the digging face and the points of application of equal cutting force have been calculated.

Key words: bulldozer, digging face variation, y-coordinates, trim, roll, digging force.

Введение

Создание прочной, долговечной и экономной конструкции бульдозера требует знаний о нагрузках, которым подвергается машина. Как правило, в работах, посвященных изучению сопротивлений резанию и копанию грунтов, предполагается, что машина движется по абсолютно ровной поверхности. Реальный забой не соответствует этому допущению. Толщина срезаемой стружки определяется неровностями забоя и переме-

щениями ножа бульдозера, вызванными этими неровностями. Вопрос влияния неровностей забоя на толщину срезаемой стружки вследствие линейных и угловых перемещений бульдозера и переменной толщины стружки по ширине ножа бульдозера не изучен.

Анализ публикаций

Нагрузки, действующие на бульдозерное оборудование при копании грунта в случае, когда поверхность забоя является ровной

плоскостью, исследованы достаточно хорошо. Работы А.М. Холодова позволяют определять динамические нагрузки при встрече отвала с жестким препятствием, при заглоблении отвала в грунт [1]. Разработана методика расчета долговечности металлической конструкции рабочего оборудования ЗТМ при двухчастотном нагружении [2]. В статье [3] показано, что при постоянном положении рабочего органа ЗТМ величина и точка приложения усилия резания грунта будут меняться. Вопрос влияния неровностей забоя на величину усилия резания грунта при транспортировке призмы волочения до сих пор не рассмотрен.

Цель и постановка задачи

На практике поверхность забоя не является абсолютно ровной. Неровности забоя вызывают вертикальные и угловые перемещения машины. Эти перемещения усугубляются тем, что нож бульдозера выдвинут далеко вперед относительно точек контакта опорных катков бульдозера. Длина отвала также существенно превышает величину колеи трактора. Вследствие этого при движении бульдозера по реальным неровностям забоя отвал совершает существенные вертикальные и угловые перемещения. Эти перемещения должны сказаться на величине усилия резания грунта и положении точки приложения равнодействующей силы резания.

Целями работы являются:

- оценка величины неровностей конкретного забоя;
- определение положения отвала бульдозера при движении по неровностям забоя;
- расчет толщины срезаемого грунта по ширине отвала и длине забоя;
- определение распределения усилия резания грунта по ширине отвала и длине забоя;
- расчет точки приложения равнодействующей усилия резания к отвалу.

Расчеты проводились применительно к бульдозеру ДЗ-42 на базе трактора ДТ-75 с эластичной подвеской.

Принятые допущения

Предполагалось, что опорные катки трактора совершают только вертикальные перемещения. Трактор движется с малой скоростью, и частота воздействия неровностей забоя существенно ниже частоты собственных колебаний трактора на подвеске.

Измерение ординат забоя

Для оценки величины усилия резания при перемещении призмы волочения на кафедре БДМ ХНАДУ было проведено измерение величин ординат бульдозерного забоя. Ординаты измерялись относительно натянутой нити с шагом 0,25 м по параллельным направлениям, отстоящим одно от другого также на 0,25 м. Длина мерного участка составляла 20 м. Результаты измерения корректировались для учета величины провисания нити под собственным весом. Дальнейшая обработка результатов проводилась с помощью пакета MATLAB.

С помощью сплайн-интерполяции были вычислены промежуточные значения ординат с шагом 0,05 м как по длине, так и по ширине забоя. Вид забоя представлен в виде 3D-графика на рис. 1.

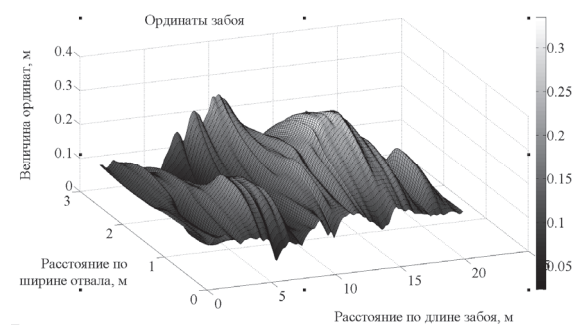


Рис. 1. Значение ординат забоя

Величина ординат относительно опорной плоскости менялась от 0,024 м (углубление) до 0,334 м (возвышение).

Расчет ординат ножа отвала

При принятых допущениях ордината оси балансирующей тележки базового трактора будет равна полусумме ординат поверхности забоя под опорными катками. Ордината оси поперечной балки равнялась полусумме ординат осей балансирующих тележек.

Угол наклона трактора в продольном направлении (дифферент) определялся как отношение разности ординат передней и задней осей балансирующих к расстоянию между осями балансирующих. Угол наклона трактора в поперечном направлении (крен) вычислялся как отношение разности ординат левой и правой осей поперечной балки к колее трактора.

Эти зависимости позволили вычислить положение отвала в зависимости от ординаты трактора и его дифферент и крен. Положение отвала вычислялось через ординаты осей толкающих брусьев и углы наклона трактора, его дифферента и крена. Как видно из пространственного графика (рис. 2), нож отвала при движении по реальному забою может находиться на различной высоте и иметь переменный поперечный наклон.

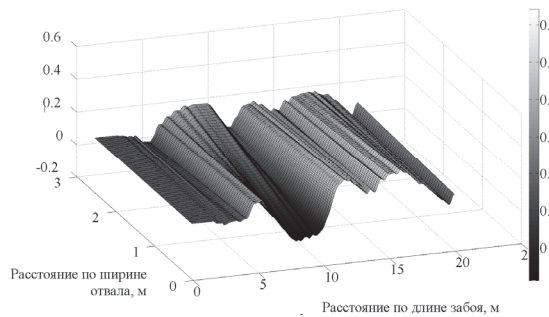


Рис. 2. Положение ножа при движении по неровностям реального забоя

На тех участках забоя, где ордината ножа больше ординаты забоя, нож проходит над поверхностью грунта, резание грунта не осуществляется. В случае, когда ордината точки на ноже ниже ординаты забоя, грунт срезается.

На рис. 3 показано заглубление отвала при перемещении бульдозера по реальной поверхности забоя.

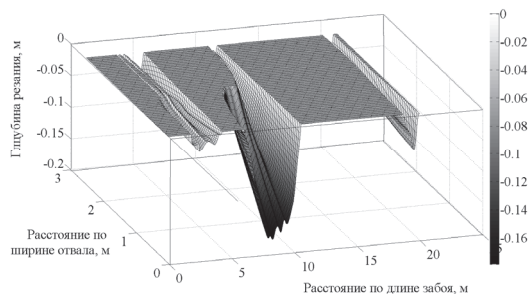


Рис. 3. Величина заглубления ножа (начальное положение отвала – нож на уровне опорной поверхности гусениц)

До начала движения отвал располагался на уровне опорной поверхности гусениц. Из графика следует, что большую часть пути машины отвал находился над поверхностью грунта. За счет крена трактора заглубление ножа по ширине отвала существенно различается. В некоторые моменты правая часть отвала заглублялась в грунт на 0,186 м, в то

время как левая часть отвала находилась выше поверхности грунта забоя.

Из рис. 3 видно, что в определенные промежутки движения отвал находился над поверхностью забоя и резание грунта не происходило. В другие моменты времени ординаты ножа отвала находились ниже первоначального уровня забоя. Резание имело место. Распределение усилия резания грунта по длине забоя показано на рис. 4.

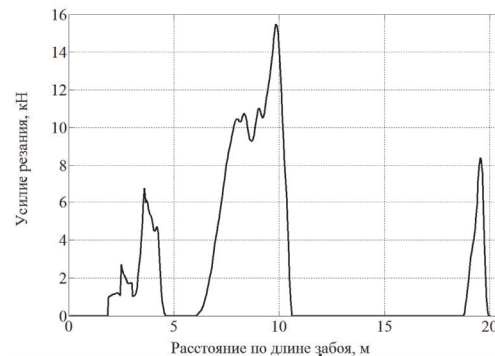


Рис. 4. Изменение величины усилия резания по длине забоя

Когда все точки ножа находились над поверхностью грунта, усилие резания грунта равнялось нулю. Максимальное значение усилия резания составило 15,2 кН. Заметим, что нож первоначально находился на уровне гусениц трактора, не был заглублен в грунт. Такое усилие возникало только за счет неровностей поверхности забоя.

Вследствие неодинаковой толщины стружки по ширине отвала точка приложения равнодействующей усилия резания перемещалась по отвалу. Толкающие брусья нагружены неодинаково. Режим работы толкающих брусьев усугубляется. На рис. 5 показано, как перемещается по ширине отвала равнодействующая сил резания грунта.

Из рис. 4 следует, что усилие резания грунта в случае, когда первоначально отвал устанавливался на уровне опорной поверхности гусениц, достигало максимума на расстоянии 10 м от начала забоя.

Расчет позволяет определить величину интенсивности возрастания сопротивления резания, которая в нашем случае составила 3,87 кН/м. Эта величина определяет динамическую нагрузку на рабочий орган машины. И она оказалась больше значения интенсивности возрастания сопротивлений, которое имеет место при заглублении отвала

гидроцилиндрами и движении трактора по ровной поверхности. Это означает, что величину нормальных динамических нагрузок следует определять с учетом неровностей забоя.

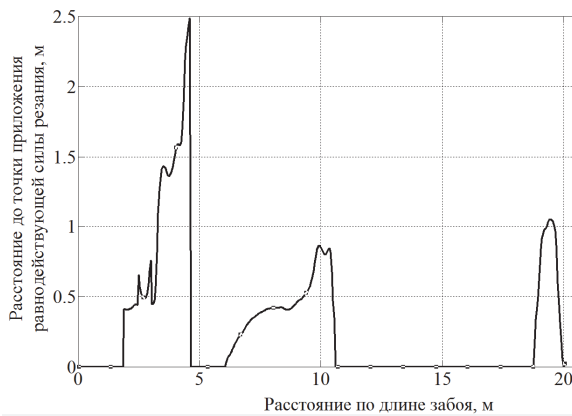


Рис. 5. Изменение расстояния от правого конца отвала до точки приложения равнодействующей силы резания грунта

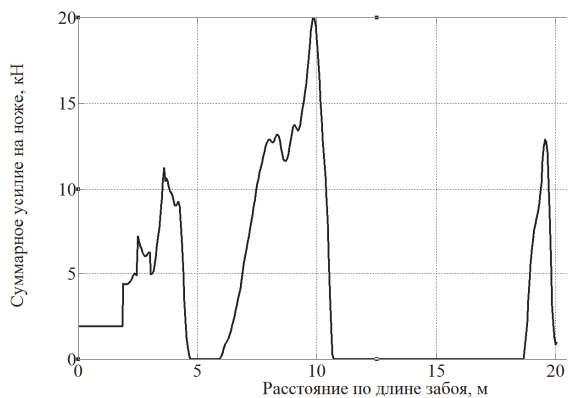


Рис. 6. Суммарное усилие резания при начальном заглаблении отвала на 2 см

Аналогичные зависимости были получены при начальном заглаблении ножа бульдозера на величину 2 и 4 см. В этих случаях время резания и величина усилия резания были существенно больше. Большие усилия резания подтверждают известный факт, что перемещение грунта отвалом бульдозера, как правило, сопровождается необходимостью выглаблять и заглаблять отвал, поскольку требуемое усилие резания грунта превышает тяговые возможности машины.

Так, при начальном заглаблении отвала на 2 см (рис. 6) на том же участке длиной 20 м

усилие на ноже также имеет три пика, но оно уже изменяется от 0 до 20 кН.

Выводы

Движение бульдозера по реальному забою сопровождается заметными величинами дифферента (в нашем конкретном случае — от $-2,28^\circ$ до $+2,21^\circ$) и крена (от $-7,18^\circ$ до $+1,64^\circ$).

Под воздействием неровностей забоя линейные и угловые перемещения бульдозера приводят к изменению усилия резания грунта, которое достигает 0,31 кН при отсутствии начального заглаблении отвала и 20 кН при начальном заглаблении отвала на 2 см.

Точка приложения усилия резания смещается по всей ширине отвала от правого края к левому. Среднее значение этой величины не совпадает с серединой отвала. Это приводит к неодинаковому нагружению левого и правого толкающих брусов.

Результаты следует использовать для расчета динамических нагрузок и показателей надежности бульдозера.

Литература

1. Холодов А.М. Основы динамики землеройно-транспортных машин / А.М. Холодов. — М.: Машиностроение, 1968. — 156 с.
2. Ничке В.В. Надежность прицепного и навесного оборудования тракторов / В.В. Ничке. — Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1985. — 152 с.
3. Розенфельд М.В. Неоднорідність міцнісних властивостей ґрунту як причина виникнення втомних напружень / М.В. Розенфельд // *Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр.* — 2012. — Вып.70. — С. 41–44.

Рецензент: И.Г. Кириченко, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 17 апреля 2014 г.