

Э. И. Махлин

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КОРЧЕВАЛЬНОГО АГРЕГАТА

Установка представляет собою трелевочный трактор ТДТ-75 с фронтальной навесной корчевальной машиной. Основными узлами экспериментальной установки являются рабочие органы, опорная платформа, навесное устройство и гидропривод. Головная часть рабочего органа состоит из клина с заострением по внешней рабочей поверхности. Его передняя кромка заострена под углом 60° . В нижней части рабочий орган снабжен выступающим, заостренным под углом 30° носком, задний угол которого равен 5° . Верхняя поверхность носка двускатная.

Остов рабочих органов может поворачиваться вокруг своей оси, находящейся на специальной опорной платформе, при помощи гидроцилиндра. Опорная платформа крепится к навесному устройству шарнирно и может поворачиваться в вертикальной плоскости при помощи двух гидроцилиндров. Навесное устройство крепится к раме трактора при помощи болтов. Рабочий орган корчевальной машины имеет симметричную форму, поэтому все силы будут действовать в продольно-вертикальной плоскости.

На рис. 1 приведена силовая схема гусеничного агрегата с корчевальной машиной, расположенной фронтально в рабочем положении. При выполнении корчевальных работ на горизонтальном участке на фронтально-навесную корчевальную машину действуют в продольно-вертикальной плоскости следующие силы и реакции со стороны трактора в присоединительных шарнирах навесной машины корчевателя: вес навесной корчевальной машины G_n ; результирующая реакция $S_{рез}$ экстракции древесной корневой системы на рабочие органы и ее составляющие вдоль соответствующих осей координат — горизонтальная S_x и вертикальная S_z ; реакция N_n , нормальная к дневной поверхности почвы (она является результирующей всех нормальных реакций почвы) на опорном устройстве; сила трения опорной платформы о почву $F_{тр}$; силы сопротивления почвы сдвигу $X_{сд}$; реакция R в шарнире поворота рабочих органов и ее составляющие — горизонтальная R_x и вертикальная R_z ; реакция V в нижних присоединительных шарнирах навесной машины со стороны трактора и ее составляющие — горизонтальная V_x и вертикальная V_z ; усилие P (на штоке), развиваемое гидроцилиндром поворота рабочего органа, и его составляющие — горизонтальная P_x и вертикальная P_z . При нейтральном (запертом) положении поршней цилиндров опорного устройства действует еще реакция Q в верхних присоединительных шарнирах навесного устройства корчевателя и ее составляющие — горизонтальная Q_x и вертикальная Q_z ; вес трактора $G_{тр}$. Точки приложения упомянутых сил и реакций показаны на силовой схеме.

Фронтально-навесная корчевальная машина шарнирно соединена с остовом трактора (посредством навесного устройства) и снабжена опорной платформой с гидравлическим приводом. Установка исследовалась для двух случаев (положений поршней цилиндров гидропровода опорной платформы — плавающее и нейтральное). 1-й случай при плавающем положении: поршни цилиндров гидропривода нагрузок не воспринимают; под действием своего веса опорная платформа ложится на почву и по мере возрастания усилия сопротивления экстракции древесной корневой системы погружается в почву до тех пор, пока

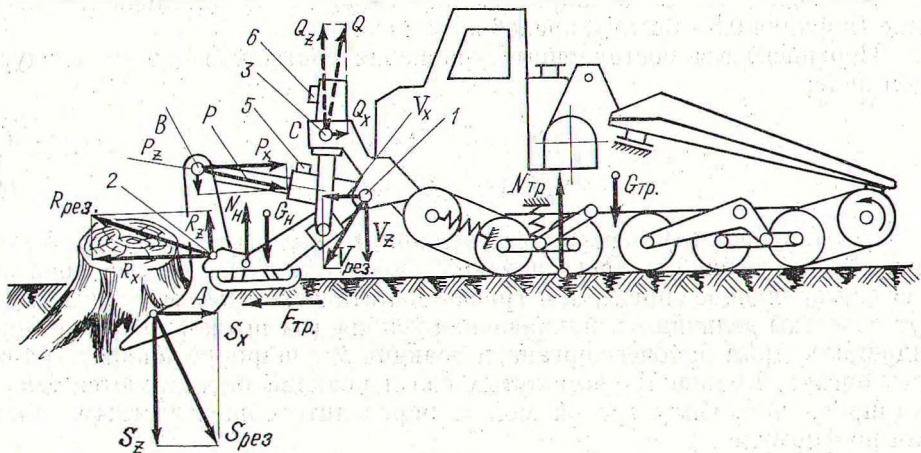


Рис. 1. Схема сил, действующих на установку, и расположения измерительных датчиков:

1, 2, 3 — тензометрические балки; 4, 5 — тензоманометры.

вертикальная составляющая силы сопротивления экстракции не уравновесится реакцией почвы. 2-й случай при нейтральном (запертом) положении: поршни гидроцилиндров воспринимают нагрузки, т. е. навесная опорная платформа жестко связана с трактором; опорная платформа под действием усилия, развиваемого двумя гидроцилиндрами, а также своего веса, ложится на почву и погружается в нее до тех пор, пока не уравновесится реакцией почвы (до начала экстракции). При экстракции древесной корневой системы опорная платформа и гусеницы трактора, как одно целое, дополнительно еще погружаются в почву до тех пор, пока вертикальная составляющая силы сопротивления экстракции не уравновесится реакцией почвы. При этом, естественно, нагрузка передается посредством ходовой системы на гусеницы трактора. Следует подчеркнуть, что работа агрегата в нейтральном положении поршней гидроцилиндров с точки зрения обеспечения устойчивости (чтобы не было подъема трактора) должна быть кратковременной и только как исключение в том случае, если начинается подъем трактора, а не экстракция древесной корневой системы, или в том случае, когда тяговая сила, развиваемая рабочими органами при помощи гидроцилиндров, недостаточна для преодоления сил сопротивления экстракции древесных корневых систем.

1-й случай работы. Для равновесия системы необходимо выразить условия равновесия навесной корчевальной машины в продольно-вертикальной плоскости через уравнения проекций

$$\Sigma X = 0 \text{ и } \Sigma Z = 0,$$

где ΣX — сумма проекций сил, действующих на навесную машину в горизонтальном направлении;

ΣZ — сумма проекций сил, действующих в вертикальном направлении.

$$\Sigma X = S_x - F_{\text{тр}} - V_x - X_{\text{сд}} = 0, \quad (1)$$

$$\Sigma Z = -S_z + N_{\text{н}} - V_z - G_{\text{н}} = 0. \quad (2)$$

Учитывая, что сила сопротивления сдвигу незначительна по величине (порядка 0,5—0,2 кн), пренебрегаем ею.

Перепишем составленные уравнения соответственно в следующем виде:

$$S_x = F_{\text{тр}} + V_x, \quad (3)$$

$$-S_z = V_z - N_{\text{н}} + G_{\text{н}}. \quad (4)$$

В уравнении (3) неизвестные величины — силы S_x и $F_{\text{тр}}$. Реакцию $S_{\text{рез}}$ экстракции древесной корневой системы на рабочие органы и ее составляющие определяем графо-аналитическим путем, если нам будут известны величины и направления усилия (на штоке), развиваемого гидроцилиндром рабочего органа, и реакция R в шарнире поворота рабочего органа. Величины упомянутых сил и реакций определяются тензометрированием. Силу трения можно определить общеизвестным способом по формуле

$$F_{\text{тр}} = f \cdot N_{\text{н}},$$

где f — коэффициент трения.

Как известно, коэффициент трения изменяется в очень больших пределах (0,45—0,9) в зависимости от типа почвы, влажности, ее состояния и др. Отсюда можно сделать вывод, что данный способ определения силы трения не пригоден. Нам необходимо определить силу трения для данных конкретных лесных условий по второму способу, исходя из условий равновесия силы трения алгебраической суммой горизонтальных составляющих сил экстракции и реакции в нижних соединительных шарнирах навесной машины (уравнение 3)

$$F_{\text{тр}} = S_x - V_x. \quad (5)$$

В уравнении (4) неизвестна реакция почвы $N_{\text{н}}$. Ее величину можно определить двумя способами: 1) переписывая уравнение (4) в следующем виде, получаем

$$N_{\text{н}} = V_z + S_z + G_{\text{н}}; \quad (6)$$

2) определяем реакцию по условиям изменения плотности почвы под действием нагрузок по формуле

$$N_{\text{н}} = (\delta_2 - \delta_1) a \cdot b, \quad (7)$$

где a — ширина нижней поверхности опорной платформы;
 b — длина нижней поверхности опорной платформы;
 δ_1 — средняя плотность почвы до приложения нагрузки;
 δ_2 — средняя плотность почвы после приложения нагрузки.

Плотность почвы определяем специальными тензометрическими месдозами.

2-й случай работы. Определение сил и реакций для нейтрального (запертого) положения поршней цилиндров опорной платформы производится аналогично предыдущему; нужно только выразить условия равновесия навесной корчевальной машины с учетом реакции Q , действующей в верхних присоединительных шарнирах навесного устройства, и рассматривать навесную корчевальную машину и трактор (т. е. весь агрегат) как одну жесткую систему. Выразив условия равновесия через уравнения проекций $\Sigma X=0$ и $\Sigma Z=0$, соответственно получаем

$$S_x - F_{\text{тр}} - V_x - Q_x - X_{\text{сл}} = 0, \quad (8)$$

$$-S_z + (N_n + N_{\text{тр}}) - V_z - (G_n + G_{\text{тр}}) + Q_z = 0, \quad (9)$$

где $G_{\text{тр}}$ — вес трактора;

$N_{\text{тр}}$ — результирующая реакция, нормальная к дневной поверхности почвы (со стороны трактора) и приложенная в центре давления трактора.

Пренебрегая силой сопротивления сдвигу ввиду ее малости, переписываем уравнения в следующем окончательном виде:

$$S_x = F_{\text{тр}} + V_x + Q_x, \quad (10)$$

$$-S_z = V_z - (N_n + N_{\text{тр}}) + G_n + G_{\text{тр}} - Q_z. \quad (11)$$

Из полученных уравнений следует, что значения величин могут быть определены путем тензометрирования горизонтальных и вертикальных их составляющих, действующих в соответствующих шарнирах (пальцах) навесной машины (A, B, C, D); усилие на штоке, развиваемое гидроцилиндрами, замеряем тензометрами, встроенными в гидроцилиндры. Для динамометрирования корчевального агрегата (определения горизонтальных и вертикальных слагающих сил и реакций) применены тензометрические узлы, которые представляют в основном двухопорную балку, работающую на изгиб. С ее помощью определяется результирующая сила, действующая перпендикулярно к плоскости, проходящей через ось балки в заданном направлении. Двухопорная балка имеет вид шарнирного пальца, в котором выфрезерованы равномерно расположенные по окружности 4 канавки для наклейки проволочных тензодатчиков сопротивления для измерения отдельных и суммарных нагрузок на пальцы в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. С помощью аппаратуры (осциллографа Н-102, магазина шунтов Р-1, отметчика времени П-104, усилителя ТА-5, преобразователей МА-250, блока питания, тензоманометров, упомянутых выше тензоузлов и др.), имеющейся на установке, мы получаем значения сил сопротивления экстракции древесной корневой системы, которые являются функцией от породы и возраста древостоя, времени рубки, глубины и способа распространения корневой системы, диаметра главного корня, физико-механических свойств и типа почвы, ее влажности, степени задернелости. Монтаж тензометрических узлов произведен без нарушения кинематики механизмов и их силового воздействия на навесную машину и агрегат в целом. При замене тензоузлов на обычные узлы, детали (пальцы) не требуется никакой конструктивной или технологической доработки.