

АСТРАХАНЦЕВ М. М.,
аспирант

МЕТОДИКА И ПРИБОРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПОЧВОЙ ГУСЕНИЧНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ БОЛОТОХОДНЫХ ТРАКТОРОВ ТИПА Т-100МБ

Меллоративные землеройные машины агрегатируются в основном с болотоходными тракторами типа Т-100МБ. Между тем вопрос о взаимодействии гусеничных движителей этих тракторов с торфяно-болотными почвами остается до сих пор малоисследованным. Особенно важным представляется изучение их взаимодействия с почвами высокой влажности, на которых болотоходные тракторы, выпускаемые в настоящее время, работают неудовлетворительно из-за недостаточной проходимости. В связи с этим в качестве объекта исследований был выбран трактор Т-100МБ.

Соответственно задачам испытаний было намечено измерять следующие величины:

1. Нормальные и касательные реакции почвы на гусеницы;
2. Глубину погружения гусениц в почву;
3. Продольные углы наклона трактора;
4. Буксование гусениц.

Эти данные нужны для суждения о величине нормальных давлений на почву и их распределении по длине опорной поверхности гусениц, о касательных напряжениях, возникающих в почве при движении трактора, об осадке почвы под гусеницами и о дифференте трактора, который всегда имеет место при работе на торфяно-болотных почвах. Они нужны также для анализа сцепных свойств движителей, потерь на вертикальное пресование почвы и буксование гусениц и других факторов, влияющих на проходимость трактора.

Для выполнения перечисленных замеров был создан ряд приборов, показания которых синхронно записывались на регистрирующей аппаратуре, установленной в передвижной тензометрической лаборатории высокой проходимости конструкции НАТИ [1].

На рис. 1 показано тензометрическое звено, предназначенное для замера реакций почвы на гусеницы: нормальных $Q_{зв}$ и касательных $T_{зв}$. Звено состоит из двух башмаков: верхнего 1 и нижнего 6, соединенных между собой тензометрическими пальцами 3 и 4. Верхний башмак крепится к рельсам 2 гусеницы

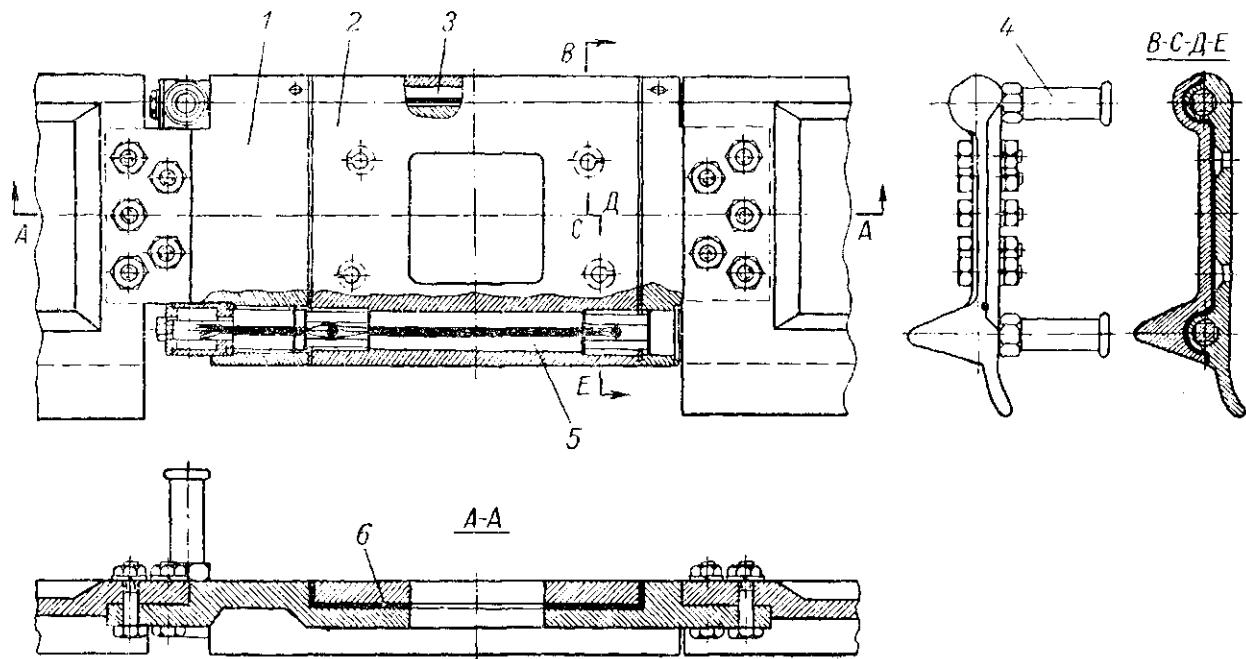


Рис. 2. Тензометрическое звено в сборе.

По габаритным условиям база датчиков должна быть не больше 10 мм. Их наклейка и гидроизоляция выполняются по обычной технологии. Провода датчиков выводятся через патрубки 4 наружу и далее соединяются с кабелем тензометрической лаборатории.

Замеряемые силы $Q_{зв}$ и $T_{зв}$, действуя на нижний башмак, передаются через проушины на четыре консоли двух тензометрических пальцев. Две консоли, расположенные на одной стороне пальцев, показаны на рис. 3. Чтобы изменение точки приложения действующей силы и другие посторонние факторы не влияли на результаты замеров, использован метод наклейки датчиков, предложенный НАТИ [2]. Он заключается в том, что датчики 1 и 2 наклеиваются на каждой консоли попарно, на одинаковом расстоянии l друг от друга. Таким образом, для замера силы $Q_{зв}$ служат 4 пары датчиков, расположенных на горизонтальных гранях консолей, а силы $T_{зв}$ — 4 пары датчиков, расположенных на вертикальных гранях.

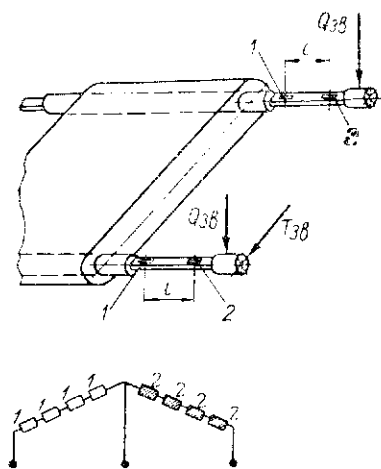


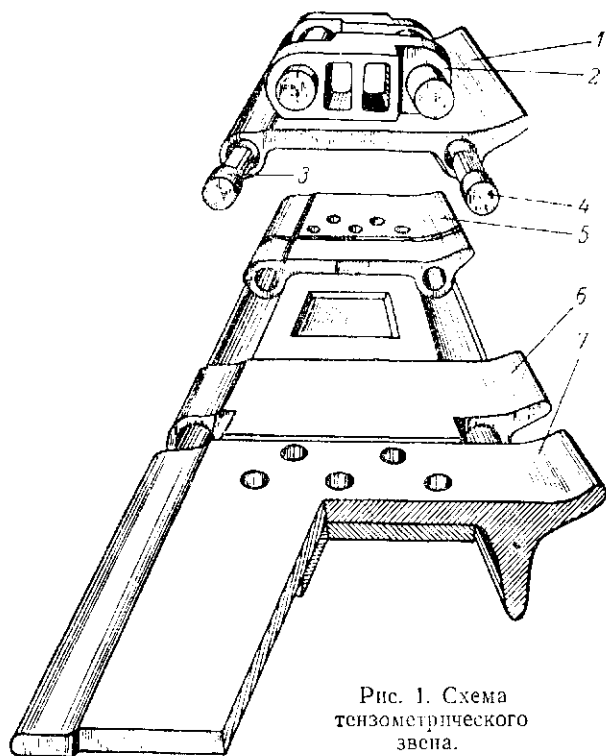
Рис. 3. Схема наклейки тензометрических датчиков.

Датчики каждой силы соединяются в общий измерительный мост, как показано на рис. 3 внизу. Четыре последовательно соединенных датчика 1 образуют одно плечо моста, четыре датчика 2 — второе плечо. Остальные два плеча образуются соответствующими сопротивлениями (на чертеже не показаны). Обе силы $Q_{зв}$ и $T_{зв}$ регистрируются каждая отдельным измерительным мостом.

Как и все гусеничные башмаки, тензовзвено крепится к рельсам гусеницы и поэтому не воспринимает сил T_1 , растягивающих гусеницу. Это обстоятельство позволило тарировать тензовзвено без гусеничного рельса силой $Q_{зв}$, перпендикулярной к опорной плоскости звена, и силой $T_{зв}$, касательной к этой плоскости. Тарировочная осциллограмма, полученная на специальном стенде при тарировке сил $T_{зв}$, показана на рис. 4. Как видно, кроме силы $T_{зв}$, на осциллограмме записана и сила $\Delta Q_{зв}$, т. е. деформация пальцев происходит не только в горизонтальной плоскости, но и в вертикальной. Это связано с неточностью изготовления тензометрических пальцев и их установки. Взаимо-

трактора, к нижнему башмаку с двух сторон консольно прикрепляются уширители 5 и 7.

На рис. 2 приведен чертеж тензометрического звена в сборе. Из чертежа видно, что между башмаками 1 и 2 в собранном виде оставлен зазор, необходимый для осуществления работы



тензопальцев как консольных балок. Для защиты пространства между башмаками от попадания пыли там устанавливается прокладка 6 из пористого упругого материала (резина, поролон и т. п.). Каждый из тензометрических пальцев 3 и 5 имеет три цилиндрических участка — один средний и два боковых — и два участка квадратной формы. Цилиндрическими поверхностями пальцы центрируются в башмаках и служат для них опорами. На двух взаимноперпендикулярных гранях квадратных участков пальцев наклеиваются проволочные тензометрические датчики — на горизонтальной грани для замера нормальных реакций почвы, на вертикальной — касательных. Для предохранения пальцев от проворачивания и осевых смещений они стопорятся в нижних башмаках болтами.

влияние сил $Q_{зв}$ и $T_{зв}$ учитывалось путем вычисления по данным тарировки поправочных коэффициентов

$$K_T = \frac{\Delta T}{Q_{зв}} \quad \text{и} \quad K_Q = \frac{\Delta Q}{T_{зв}},$$

где ΔT и ΔQ отрезки на тарировочных осциллограммах, отражающие влияние нормальных сил на касательные и наоборот. Эти коэффициенты учитывались при последующей обработке осциллограмм.

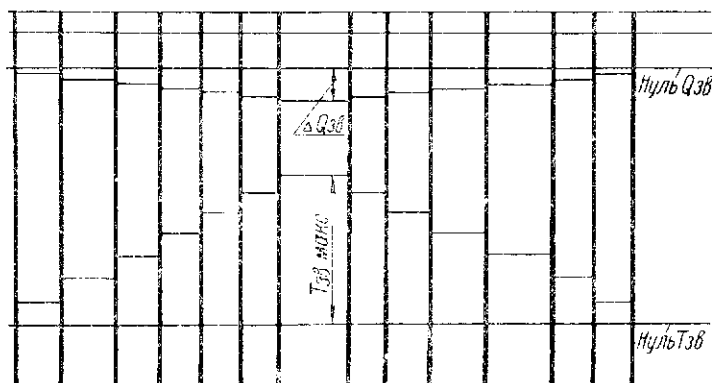


Рис. 4. Осциллограмма тарировки тензометрического звена.

На рис. 5 показан глубиномер, предназначенный для замера $h_{зв}$ глубины погружения звеньев опорной ветви гусеницы. Глубиномер состоит из датчика глубины 1 в сборе с рычагом 2; реохорда 3, преобразующего механическое перемещение датчика в электрический сигнал, и корпуса 4. Датчик выполнен в виде легкого колеса со сферическим ободом, который опирается на почву, когда звено находится на опорной ветви. Корпус глубиномера крепится непосредственно на тензометрическом звене. Он имеет два валика: верхний и нижний, которые связаны между собой шестеренками. Концы верхнего валика выходят из корпуса и жестко соединены с рычагом датчика. На одном из торцов нижнего валика соосно с ним укреплена ось движка реохорда. Корпус реохорда жестко соединен с корпусом глубиномера. Выводные концы реохорда выходят из корпуса и соединяются с кабелем тензометрической лаборатории.

При погружении банмака гусеницы в почву на измеряемую величину $h_{зв}$ датчик, оставаясь на поверхности почвы, поворачивается рычагом на угол α_1 . При этом ось движка реохорда,

связанная с нижним валиком, повернется на угол α_2 и изменит омическое сопротивление реохорда на величину $(\delta' - \delta)$, пропорциональную глубине h . Это изменение сопротивления регистрируется на бумаге осциллографа с помощью электросхемы, показанной на рис. 5.

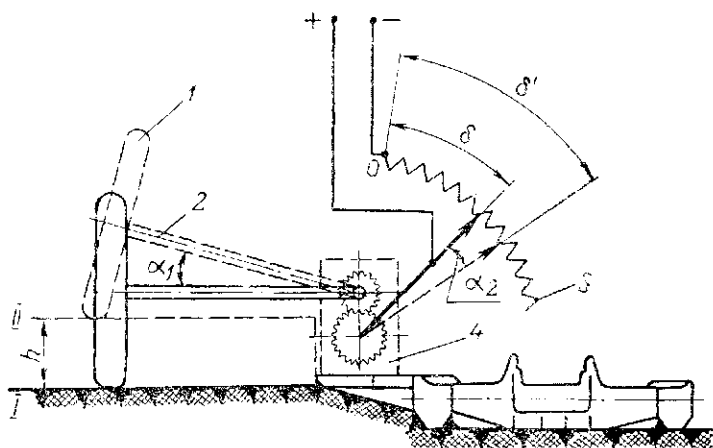


Рис. 5. Схема глубиномера.

Так как глубиномер укреплен на башмаке гусеницы, то базой отсчета глубины всегда служит один и тот же небольшой участок поверхности почвы, расположенный вблизи звена, глубина погружения которого измеряется. Такое решение позволяет избежать погрешностей, связанных с неровностями почвы.

Для определения угла наклона трактора в продольной плоскости создан дифференциальный маятниковый прибор (рис. 6). Основными частями его являются: корпус 1, маятник 2, реохорд 3 и ось 4. Корпус заполнен маслом и укреплен в кабине трактора. Маятник шпункой соединен жестко с осью, которая сидит на шарикоподшипниках, установленных в отверстиях корпуса. Снаружи одно отверстие закрывается глухой крышкой, а другое — крышкой с машетным уплотнением, которое герметизирует конец оси, выходящий из корпуса. Внутри этого конца оси входит ось движка реохорда. Корпус реохорда с помощью планки соединен с корпусом дифференциального прибора. Для вывода маятника в нулевое положение предусмотрен толкатель 5. При отклонении трактора от горизонтального положения происходит поворот корпуса дифференциального прибора относительно маятника. При этом вращается и ось движка реохорда, изменяя его омическое сопротивление пропорционально углу наклона трактора.

Через выводные контакты реохорда, соединенные с кабелем тензометрической лаборатории, сигнал подается к осциллографу, где регистрируется на бумаге или пленке.

Перед опытом маятник ставится в нулевое положение. Для этого оператор нажимает на толкатель, передвигая его на расстояние l , как показано на рис. 6. В этом положении ось маятника совпадает с осью корпуса, т. е. с перпендикуляром к продольной оси трактора. После этого включается осциллограф для

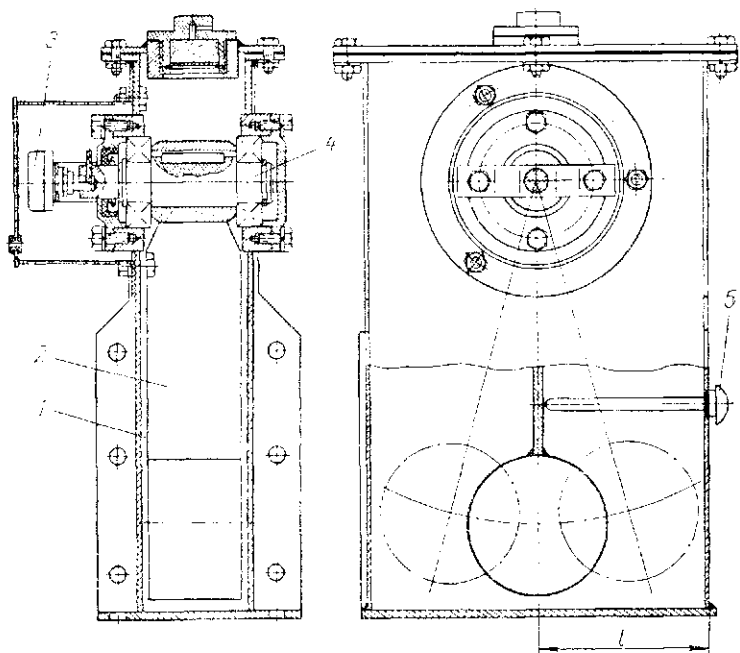


Рис. 6. Схема дифференциметра.

записи нулевой линии. Затем толкатель отводится в прежнее положение, а маятник под действием собственного веса занимает вертикальное положение, указывая дифферент трактора перед опытом. При движении дифферент трактора может изменяться в зависимости от грунтовых условий, скорости движения и режима работы. В соответствии с этим меняется и положение маятника относительно корпуса дифференциметра, что и фиксируется осциллографом.

Для определения буксования гусениц замерялись величины v_f и v_t , где v_f и v_t — соответственно фактическая и теоретическая скорости движения трактора.

Теоретическая скорость определялась по формуле

$$v_T = 0,06 l_{зв} z_k n_k \text{ км/час},$$

где $l_{зв}$ — шаг гусеничного звена, м;
 z_k — число активно действующих зубьев ведущих колес;
 n_k — число оборотов ведущих колес.

Фактическая скорость движения определялась по формуле

$$v_{ф} = \frac{3,6 \cdot s}{T_{оп}},$$

где s — путь, пройденный трактором за опыт, м;
 $T_{оп}$ — время, за которое трактор проходит путь s , сек.

Применяемая методика исследований и приборы позволяют определять следующие измерители проходимости и тягово-сцепных свойств:

1. Суммарную величину нормальной нагрузки на гусеницы трактора Q

$$Q = q_{ср} z M_{Q_{зв}} \text{ кг},$$

где $q_{ср}$ — средняя ордината эпюры q ;
 z — общее число звеньев на двух гусеницах, составляющих опорную поверхность;

$M_{Q_{зв}}$ — масштаб сил $Q_{зв}$, взятый по тарировочной осциллограмме.

2. Положение центра давления трактора относительно середины опорной поверхности гусениц X_d определялось как координата центра тяжести эпюры q относительно указанной середины опорной поверхности по формуле

$$X_d = \frac{\sum_{i=1}^l x_i q_i}{\sum_{i=1}^l q_i} M_l \text{ мм},$$

где x_i — координата положения q_i давления относительно середины опорной поверхности гусениц, мм;

q_i — текущее значение давления под гусеницами, мм;

M_l — масштаб длин осциллограммы, мм/мм.

3. Касательная сила тяги $\Sigma T_{зв}$, развиваемая гусеницами, определялась по выражению

$$\Sigma T_{зв} = T_{ср} z M_{T_{зв}} \text{ кг},$$

где $T_{ср}$ — средняя ордината эпюры $T_{зв}$, мм;

$M_{T_{зв}}$ — масштаб сил $T_{зв}$, кг/мм.

4. Коэффициент φ_k использования сцепного веса

$$\varphi_k = \frac{\sum T_{зв}}{Q}.$$

5. Буксование δ трактора

$$\delta = \frac{v_{т} - v_{ф}}{v_{т}} \cdot 100\%.$$

6. Глубина $h_{зв, макс}$ погружения гусениц в грунт под осью наиболее нагруженного катка

$$h_{зв, макс} = h_{макс} \cdot M_{h_{зв}} \text{ мм},$$

где $h_{макс}$ — ордината на эпюре $h_{зв}$ в соответствующем месте, мм;

$M_{h_{зв}}$ — масштаб записи $h_{зв}$ мм/мм.

7. Дифференциал Δ трактора

$$\Delta = h_{\Delta} \cdot M_{\Delta} \text{ град},$$

где h_{Δ} — ордината, взятая с осциллограммы для соответствующего опыта, мм;

M_{Δ} — масштаб записи h_{Δ} , град/мм.

Практическая проверка разработанных приборов показала их высокую точность, стабильность, надежность в работе и удобство в обслуживании.

Принятая методика синхронного замера удельных давлений, глубины погружения гусениц, а также дифференциала трактора позволила правильно отразить реальные условия взаимодействия гусениц с грунтом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самоходная лаборатория НАТИ для комплексных исследований тракторов и других машин в полевых условиях. Труды НАТИ, 147, М., 1962.
2. Применение тензометрических узлов для исследования гусеничного трактора. Труды НАТИ, вып. 20, М., 1960.
3. Чудаков Д. А. Основы теории трактора и автомобиля. М., Сельхозгиз, 1962.