

В общем случае на плуг действует пространственная система сил. Однако, учитывая симметричность двухотвальных плугов, имеющих наибольшее распространение в лесном хозяйстве, условно будем рассматривать систему сил как плоскую. На рис. а показана схема сил, действующих на рабочие органы плуга (горизонтальные и вертикальные проекции этих сил имеют индексы x и z соответственно). К лезвию ножа приложены силы резания почвы P_n и разрушения корней P_k . На корпус действуют составляющие P_x , P_y и P_z сил, обусловленных давлением пласта (сила P_y на схеме не показана). К опорной поверхности плуга приложены реакция почвы R_z и сила трения плуга о дно борозды $P_{тр} = R_z \operatorname{tg} \varphi$. Результирующая N' сил R_z и $P_{тр}$ отклонена от вертикали на угол внешнего трения φ в сторону, противоположную перемещению плуга. Результирующая равномерно распределенной силы подрезания пласта P_n приложена к середине лезвия лемеха; на схеме (рис. а) эта сила условно приложена к носку лемеха (чтобы не затемнять схему). В шарнирах присоединения плуга к тягам навески действуют силы S_1 и S_2 . Сила тяжести плуга обозначена G . Устойчивая работа плуга возможна при условии, когда линия действия силы тяги трактора P_T проходит через след C центра тяжести плуга и мгновенный центр его вращения π [2, 7]. Силой тяжести пласта и затратами тягового усилия на его оборот пренебрегаем [4].

Величины и направления сил резания почвы P_n и разрушения корней P_k плужными ножами (дисковым или черенковым), а также силы подрезания пласта лезвием лемеха P_n можно определить по предложенным нами формулам [5, 6].

Силы P_x , P_y и P_z , приложенные к корпусу плуга, можно найти по формулам В. П. Горячкина [3] (формулы для определения сил P_y и P_z в явном виде в работе В. П. Горячкина отсутствуют, но их можно получить после несложных преобразований). Необходимо сказать несколько слов о характере этих сил. Как отмечает В. П. Горячкин, «...сила, необходимая для продвижения клина, создается сначала от уплотнения частиц почвы, а затем скалывания пласта по косому направлению...» [4]. При этом сила нормального давления пласта на поверхность клина изменяется от нуля (непосредственно после момента скалывания) до максимального значения (перед моментом скалывания) [1, 7]. Приняв в первом приближении, что давление почвы на клин нарастает по линейному закону [1], можно считать, что среднее значение этого давления равно половине максимального, определяемого по формуле В. П. Горячкина. Разложив силу нормального давления пласта (с учетом трения почвы о клин-лемех) по направлениям осей координат, получим максимальные значения продольной $P_{x(m)}$, боковой $P_{y(m)}$ и вертикальной $P_{z(m)}$ составляющих сопротивления почвенного пласта скалыванию:

$$P_{x(m)} = \tau ab \frac{\cos \varphi' \sin(\alpha + 2\varphi) \cos(\delta - \varphi)}{\cos \varphi \sin(\alpha + \varphi) \cos^2\left(\frac{\alpha + \varphi + \varphi'}{2}\right)}; \quad (1)$$

$$P_{y(m)} = \tau ab \frac{\cos \varphi \cos \varphi'}{\cos^2\left(\frac{\alpha + \varphi + \varphi'}{2}\right)} (\operatorname{tg} \varphi \cos \delta - \sin \delta); \quad (2)$$

$$P_{z(m)} = \tau ab \frac{\cos \varphi \cos \varphi'}{\cos^2\left(\frac{\alpha + \varphi + \varphi'}{2}\right)} (\operatorname{tg} \varphi \cos \delta \cos \beta - \cos \alpha), \quad (3)$$

где τ — предельное напряжение сдвига почвы;
 a, b — толщина и ширина пласта;
 φ, φ' — углы внешнего и внутреннего трения;
 α — угол наклона плоскости клина-лемеха к дну борозды.

В случае двухотвального корпуса боковые силы $P_{y(m)}$ взаимно уравниваются. При использовании одноотвального корпуса боковая сила воспринимается полевой доской; сила трения полевой доски о стенку борозды $P_{т.д}$ направлена в сторону, противоположную перемещению плуга (эта сила на схеме не показана):

$$P_{т.д(m)} = P_{y(m)} \operatorname{tg} \varphi. \quad (4)$$

Значения углов β и δ можно найти из выражений

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \gamma_0; \quad \cos \delta = \sin \alpha \sin \gamma_0,$$

где γ_0 — угол установки лезвия лемеха к стенке борозды.

Средние значения P_x, P_y, P_z и $P_{т.д}$ равны половине максимальных [1, 7].

Величину и направление остальных сил, действующих на плуг, удобно определять графоаналитическим способом, путем построения многоугольника сил.

На рис. 6 показан многоугольник сил, действующих на рабочие органы плуга при его работе на участке, не имеющем включений в виде корневых систем древесно-кустарниковых пород и др. Построение удобно начинать со сложения сил G, P_z и P_x . Затем с ними складываются силы P_n и P_p . Из конца вектора \vec{P}_n под углом внешнего трения вертикали проводится направление силы N' , являющейся результирующей реакции почвы R_z и силы трения плуга о дно борозды $P_{тр}$. Замыкает силовой многоугольник сила тяги трактора P_T . Направление силы P_T параллельно прямой, соединяющей след C центра тяжести плуга и мгновенный центр его вращения π . Из начала вектора G проводим прямую, параллельную прямой $C\pi$, до пересечения с направлением силы N' ; точка пересечения направлений сил N' и P_T является концом вектора силы N' и началом вектора силы P_T . Проекция P_{Tx} силы P_T на ось x равна тяговому сопротивлению плуга по величине и противоположна по направлению. Разложив силу P_T по направлениям осей верхней и нижней тяг механизма навески, найдем силы S_1 и S_2 . Реакцию почвы R_z и силу трения $P_{тр}$ можно определить, разложив силу N' по осям координат z и x .

При работе плуга на вырубке корни в почве разрушаются, поэтому при построении силового многоугольника (рис. 6) следует учитывать силу разрушения корня P_k . Построение отличается от описанного тем, что из конца вектора P_n откладывают вектор P_k , а затем из его конца проводят прямую по направлению силы N' . При этом, как видно из многоугольника, сила N' уменьшается, а сила P_T , усилия в тягах навески S_1 и S_2 и тяговое сопротивление P_{Tx} плуга увеличиваются. При каком-то максимальном значении силы P_k (на рис. 6 показано пунктиром) реакция почвы R_z , сила трения $P_{тр}$ и сила N могут стать равными нулю, и плуг начнет выглубляться. В этом случае тяговое сопротивление плуга, сила тяги трактора P_T и усилия в тягах механизма навески будут максимальными.

Этот случай соответствует разрушению корня максимального диаметра. Угол ϵ между направлением силы тяги трактора P_T и тяговым сопротивлением плуга остается постоянным. Максимальные значения

сил необходимо знать для расчетов деталей плуга и механизма навески на прочность.

Наличие корней в почве незначительно увеличивает среднее тяговое сопротивление плуга (на 8—15 %), но резко повышает его динамичность. При расчетах среднего тягового сопротивления плугов при работе на вырубках можно пользоваться формулой

$$P_{x(v)} = P_{x(o)} K_p, \quad (5)$$

где $P_{x(v)}$ — тяговое сопротивление плуга на вырубке;
 $P_{x(o)}$ — тяговое сопротивление плуга на открытой площади;
 K_p — коэффициент увеличения тягового сопротивления.

Величина K_p может быть принята равной 1,08 для плуга с дисковым ножом и 1,15 — с черенковым.

Марка плуга	Тяговое сопротивление, кН		Различие, %
	теоретическое	экспериментальное	
ПКЛ-70	15,6	14,3	9,1
	10,1	10,4	2,9
	9,8	10,5	6,7
	9,3	10,1	7,9
	6,8	6,0	13,3
ПП-3-35	21,8	20,2	7,9
	20,4	19,6	4,1
	18,0	18,8	4,5
	17,1	18,2	6,1
	16,5	16,0	3,1

При расчете по формулам (1) — (3) сил, действующих на корпус плуга, необходимо знать предельное напряжение сдвига почвы τ , которое можно определить по закону Кулона [3]:

$$\tau = C + \sigma \operatorname{tg} \varphi', \quad (6)$$

где C — сцепление почвы, кПа;
 σ — нормальное давление на площадке сдвига, кПа;
 φ' — угол внутреннего трения.

Связь между τ и σ установлена В. П. Горячкиным [4]

$$\frac{\sigma}{\tau} = \operatorname{tg} \frac{\alpha + \varphi - \varphi'}{2}, \quad (7)$$

где α — угол наклона лемеха к дну борозды.

Для дерново-подзолистых почв среднесуглинистого механического состава зависимости сцепления и коэффициента внутреннего трения от влажности могут быть представлены в виде [5]

$$C = \frac{933}{W^{1,13}}; \quad (8)$$

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{2,09}{W^{0,364}}, \quad (9)$$

где W — влажность почвы, %.

Сопоставление экспериментальных и теоретических значений тяговых сопротивлений плугов ПКЛ-70 и ПП-3-35 дано в таблице.

Испытания прицепного плуга ПП-3-35 проводили на территории Гребневского питомника МЛТИ в целях изучения влияния угла наклона затылочной фаски на тяговое сопротивление. Почва среднесуглинистая, влажность 14,9 %. Глубина пахоты $25 \pm \pm 0,5$ см, скорость около 1 м/с.

Работу плуга ПКЛ-70 испытывали в Щелковском лесхозе на вырубках с почвами среднесуглинистого механического состава. Влажность почвы была в пределах 15,3—28,0 %, глубина обработки 10—15 см, коренасыщенность 0,40—1,61 %, задернение 21—30 кг/м², скорость движения около 0,5 м/с.

Тяговое сопротивление плугов измеряли методом электротензометрии. Показатели, характеризующие условия проведения испытаний и качественные показатели технологического процесса, определяли в соответствии с действующими стандартами.

Сравнение показывает, что разница между экспериментальными и теоретическими значениями тяговых сопротивлений в основном не превышает 10 % (т. е. находится в пределах ошибки полевого опыта). Поэтому точность расчета по предложенным нами формулам можно считать достаточной для практических целей.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Виноградов В. И. Сопротивление рабочих органов плуга и методы снижения энергоемкости пахоты: Дис. . . . докт. техн. наук. — Челябинск, 1969. — 438 с. [2]. Горячкин В. П. Об устойчивости пахотных орудий. — Собр. соч. Т. 2. М.: Колос, 1968, с. 415—422. [3]. Горячкин В. П. Теория клина. — Собр. соч. Т. 1. М.: Колос, 1965, с. 382—389. [4]. Горячкин В. П. Теория плуга. Основания для систематического расчета плугов. — Собр. соч. Т. 2. М.: Колос, 1968, с. 104—313. [5]. Колесников Ю. И. Исследование процесса плужной подготовки лесных почв и обоснование методики расчета усилий, действующих на рабочие органы лесохозяйственных плугов: Автореф. дис. . . . канд. техн. наук. — Воронеж, 1979. — 18 с. [6]. Колесников Ю. И., Ларин Г. И. Расчет сил сопротивления подрезанию почвенного пласта затупленным лезвием лемеха лесного плуга. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1981, № 4, с. 26—29. [7]. Синеоков Г. Н., Панов И. М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. — М.: Машиностроение. — 328 с.

Поступила 20 февраля 1984 г.

УДК 632.151

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ФТОРИСТЫМ ВОДОРОДОМ НА СОДЕРЖАНИЕ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Ю. Г. ПРИСЕДСКИЙ

Донецкий государственный университет

Загрязнение воздуха промышленными отходами (SO_2 , Cl_2 , O_3 , NO_2) вызывает значительное разрушение пигментов в листьях различных растений [4]. Вместе с тем, влияние фтористого водорода на пигментный состав листа изучено еще недостаточно. Установлено, что фториды нарушают ультраструктуру хлоропластов, вызывая их дегенерацию [7], и ингибируют включение σ -аминомасляной кислоты в порфириновую фракцию, нарушая синтез хлорофилла [8]. Хвоя растений в районах с повышенным содержанием фтористых соединений в воздухе характеризовалась увеличенным содержанием феофитина, более высоким отношением феофитина к хлорофиллу, чем хвоя из незагрязненных районов [9].

Показано также, что степень устойчивости пигментов к воздействию экстремальных факторов (свет, температура, кислоты) зависит от формы связи их с белково-липидным комплексом в пластидах — в мономерной активной форме хлорофилл менее устойчив к их действию, чем в агрегированной [3].

Цель наших исследований — изучить изменение пигментного комплекса листьев древесных растений при экспериментальном воздействии фтористого водорода.

Методика исследований заключалась в следующем. Срезанные ветви 10 видов древесных растений помещали в колбы с водой и подвергали фумигации фтористым водородом в концентрации 10 мг/м^3 в течение 8 ч в проточной фумигационной камере [5]. Содержание пигментов определяли через 1 и 24 ч после окончания фумигации. Контролем служили ветви растений, не подвергавшиеся действию газа. Опыты проводили в 6-кратной повторности. Количество хлорофилла и прочность связи его с липопротеид-