

Теоретическое обоснование конструктивных параметров щелереза

К.С. Потешкин, магистр, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

Рабочим органом щелевателя является щелерез. Щелерез состоит из прямой или криволинейной стойки со сменным наральником (долото) (рис. 1). Качество и энергоёмкость нарезания щели в почве в основном зависят от параметров наральника и стойки [1, 2].

Известны исследования, в которых применялись самодельные щелерезы, изготовленные из стальной плиты толщиной 20–25 мм. Такие орудия уплотняли стенки почвы, резко снижая её водопроницаемость. Поглощение стока ограничивалось объёмом 10–15 л на метр длины щели. Уплотнённые стенки обеспечивали капиллярный подъём влаги, и потери на испарение часто превышали накопленные запасы в щелях. Поэтому необходимо определить параметры наральника и стойки щелереза, при которых проводимое щелевание

будет максимально рыхлить почву, увеличивая её некапиллярную скважность вследствие изменения объёмного веса [3].

Различия свойств обрабатываемого материала обуславливают некоторые особенности технологического процесса, в основе которого лежит резание клином с плоской рабочей поверхностью, сводящееся к разрушению почвенного пласта путём сдвига (скалывания) на куски (стружку) трапецеидальной формы. При этом распространение деформации почвы в стороны, т.е. в поперечно-вертикальной плоскости, ограничивается некоторой предельной глубиной обработки, названной критической. Дальнейшее заглубление рабочего органа сопровождается её смятием в продольном направлении без увеличения зоны рыхления в поперечном (рис. 2а, 2б) [4].

Таким образом, возможны два режима работы щелереза: при $H < H_{кр}$ и $H > H_{кр}$, где $H_{кр}$ – крити-

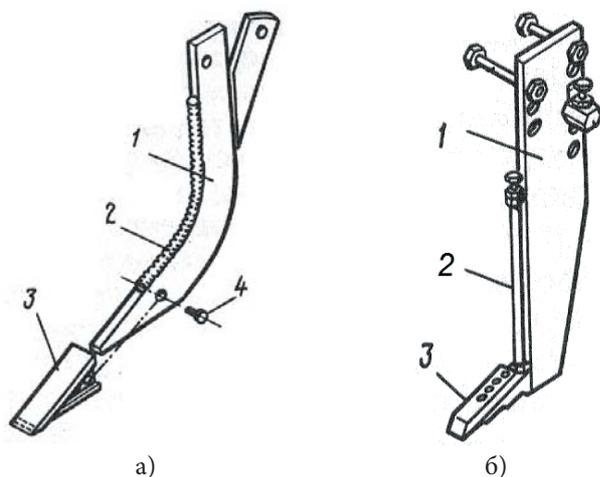


Рис. 1 – Щелерез:

а) с криволинейной стойкой; б) с прямой стойкой:
1 – стойка; 2 – обтекатель; 3 – наральник (долото);
4 – ось со штифтом

ческая глубина обработки. В первом случае глубина H_1 прорези, от которой начинаются боковые расширения зоны деформации почвы, несколько меньше глубины H обработки почвы (рис. 2в), так как скалывание почвы под углом начинается несколько выше лезвия. Однако в этом случае с достаточной для практики точностью можно принять, что $H_1 \approx H$. Во втором случае, т.е. при $H > H_{кр}$, зона бокового рыхления пласта распространяется до величины $H_{кр}$ (рис. 2г), ниже образуется щель глубиной

$$H_0 = H - H_{кр}, \quad (1)$$

где H_0 – глубина заблокированного резания без отделения почвенной стружки с боковых сторон лапы.

В этой зоне, т.е. за пределами глубины $H_{кр}$, в нижней части рабочей поверхности образуется уплотнённое ядро толщиной e (рис. 2г). Его образование связано с большим давлением в зоне заблокированного резания, под действием которого почва сминается, сильно уплотняется и задерживается на рабочей поверхности наральника в зоне $H_0 = H - H_{кр}$. В некоторых условиях оно становится настолько прочным, что дальнейшее резание почвы производится им, а не рабочей поверхностью, в других – оно периодически разрушается и возобновляется вновь.

Ширина деформированной полосы почвы в поперечном сечении пласта при $H > H_{кр}$ зависит не от значений H , а от $H_{кр}$ (рис. 3):

$$b_n = b + 2H_{кр} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\theta_2}{2}\right). \quad (2)$$

Угол скалывания почвы может быть определён по формуле В.П. Горячкина:

$$\psi = 90^\circ - \frac{(\alpha + \varphi_1 + \varphi_2)}{2}, \quad (3)$$

где α – угол крошения;

φ_1 – угол трения почвы о сталь;

φ_2 – угол внутреннего трения почвы.

Зона распространения деформации почвы в продольном направлении зависит от величины H , а также от углов α и φ и определяется по формуле (4):

$$l = H \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi). \quad (4)$$

Ширина полосы деформируемой почвы на её поверхности на расстоянии l от её носка равна:

$$b_n = b + 2mn_1 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\delta}{2}\right),$$

но так как $mn_1 = \frac{H_{кр}}{\cos(\alpha + \varphi)}$, то

$$b_n = b + \frac{2H_{кр} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\delta}{2}\right)}{\cos(\alpha + \varphi)}, \quad (5)$$

где $\delta \approx \theta_2$ – угол, характеризующий область деформации почвы в плоскости скалывания.

Из выражения (5) следует, что с увеличением углов α и φ ширина полосы деформированной почвы возрастает. Она возрастает также с увеличением значений $H_{кр}$ и $\delta \approx \theta_2 \approx 2\varphi_2$. Глубина $H_{кр}$, в свою очередь, зависит от перечисленных параметров, но в большей мере – от значения b . При глубокой обработке почвы ($H > 38$ см) и $b \geq 50$ мм величина $H_{кр} = H_{кр \max} = \text{const}$, т.е. достигает максимума и остаётся постоянной при увеличении значения b . При $b < 50$ мм с уменьшением b глубина $H_{кр}$ резко снижается. Следовательно, чтобы увеличить значение $H_{кр}$, а вместе с ним и ширину b_n полосы деформируемой почвы при глубокой её обработке, ширина захвата наральника должна быть не менее 50 мм ($b \geq 50$ мм). Таким образом, рыхлить почву щелерезом целесообразно при $H \approx H_{кр}$ [4].

Оптимальные параметры наральника с точки зрения полноты рыхления пласта определяются для конкретных условий применения.

При работе щелереза в монолите почвы сопротивление пласта отрыву наральника при условии максимума нормальных напряжений определяется зависимостью [1]:

$$R_{xr} = \frac{2\sigma_{omp}kH(b + 0,5\pi kH + 2a)}{\sin \theta + \mu \cdot \cos \theta}, \quad (6)$$

где σ_{omp} – временное сопротивление почвы растяжению;

H – глубина рыхления;

b – ширина клина;

a – длина пути, проходимая клином до момента отрыва элемента пласта почвы;

θ – угол наклона равнодействующей сил сопротивления почвы к горизонту;

μ – коэффициент Пуассона (0,30–0,35);

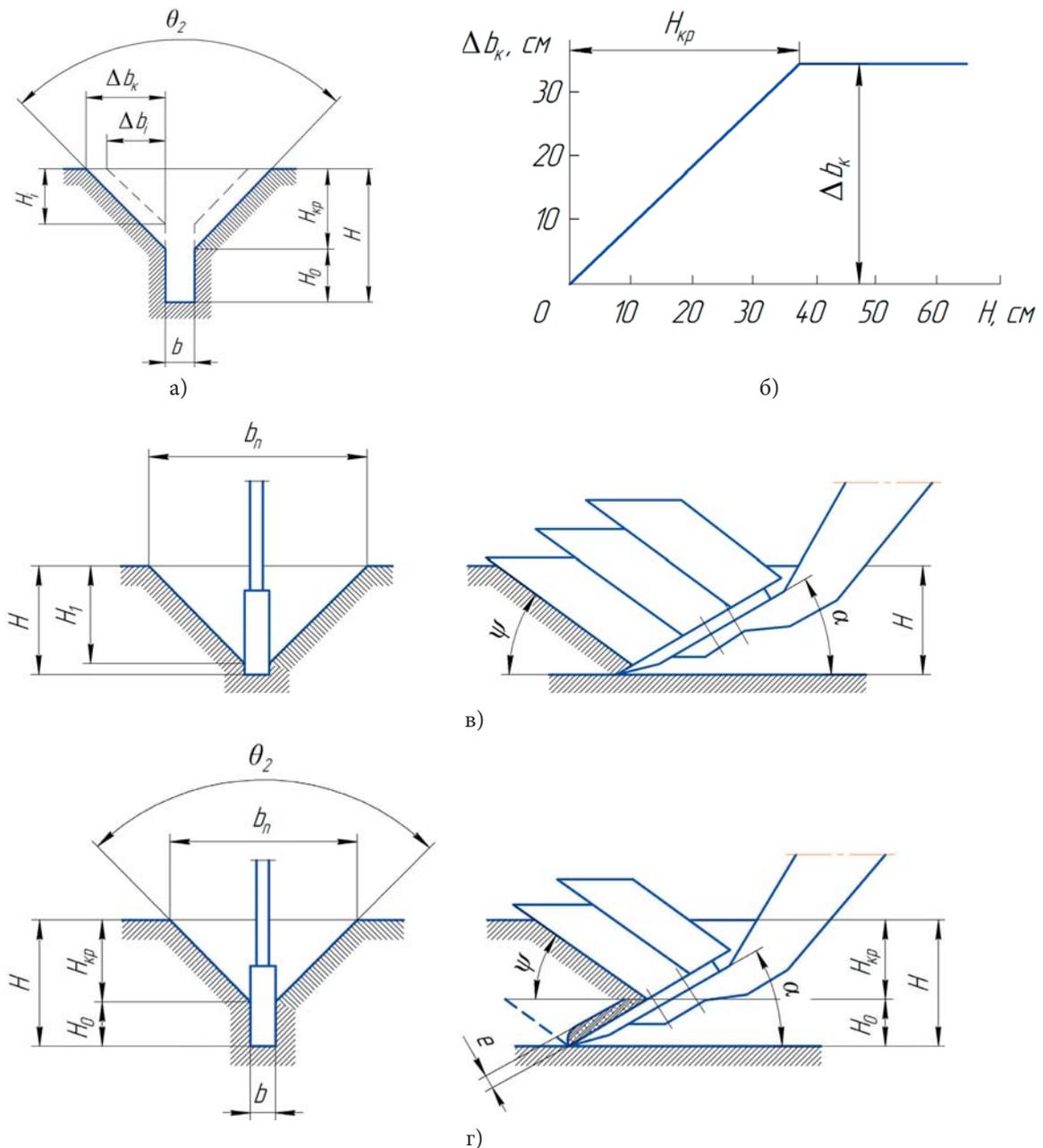


Рис. 2 – Характеристики процесса деформации почвы щелерезом:
 а – профиль поперечного сечения обработанной почвы; б – зависимость бокового скалывания почвы от глубины обработки; в – схема рыхления почвы при $H < H_{кр}$; г – схема рыхления почвы при $H > H_{кр}$

$k = \frac{H-h}{h} = 0,70-0,87$ – коэффициент, характеризующий отношение глубины зоны скалывания почвы к глубине хода клина;

h – минимальная высота подъёма клина, необходимая для скалывания почвы толщиной H .

Угол скалывания пласта в продольном и боковом сечениях, в которых наблюдаются максимальные нормальные напряжения, можно ориентировочно принять равным 45° .

Сопротивление почвы смятию клином определяется уравнением:

$$R_x = bhT, \quad (7)$$

где T – удельное сопротивление смятию.

Для ориентировочных расчётов значение T может быть принято по твердограмме, записанной по стандартной методике с помощью твердомера.

Приравняв силы сопротивления смятию и отрыву пласта почвы двугранным клином и подставив значение $a = h(1 + ctg\beta)$ и $h = H_{кр}(1 - k_{бок})$, а также $\mu = 0,33$ и $k_{бок} = 0,8$, находим:

$$H_{кр} = \frac{b \frac{0,1(1 + 3 \cdot tg\psi)T}{\sigma_{omp}} - 2,5}{4,2 + ctg\beta}, \quad (8)$$

где β – угол крошения наральника.

Из этого уравнения видно, что критическая глубина обработки прямо пропорциональна ширине наральника и отношению T/σ_{omp} , характе-

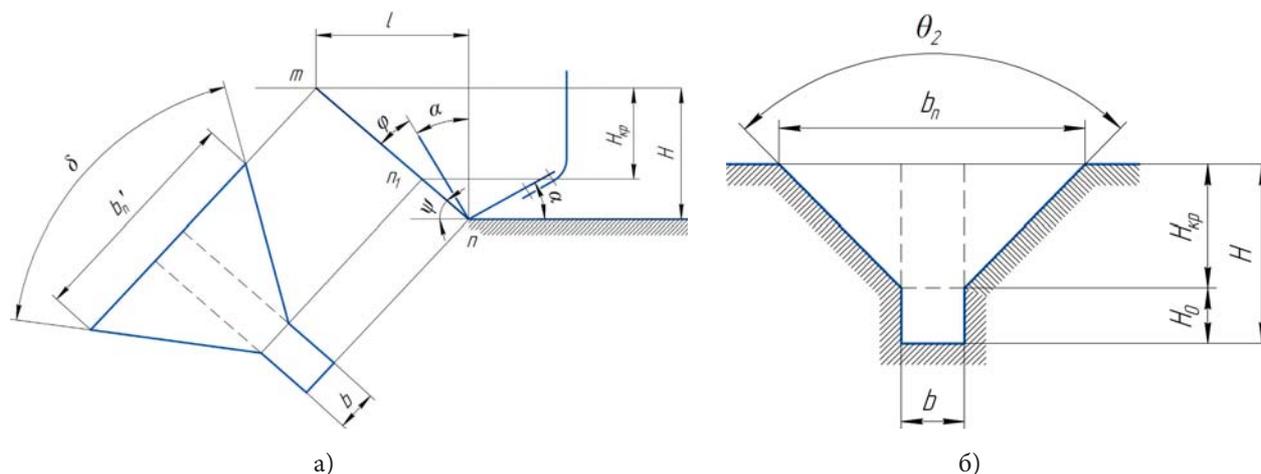


Рис. 3 – Схема распространения деформации почвы при работе щелереза в продольном (а) и поперечном (б) направлениях

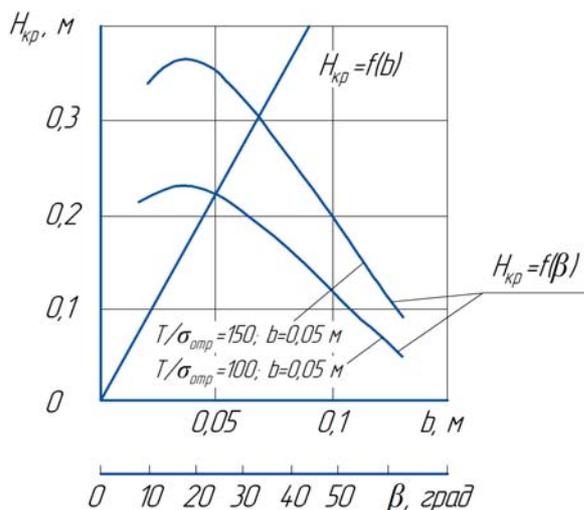


Рис. 4 – Критическая глубина рыхления в зависимости от угла крошения и ширины наральника щелереза

ризирующему механические свойства почвы. Для сухих твёрдых почв критическая глубина резания больше, чем для рыхлых.

На рисунке 4 приведены зависимости критической глубины рыхления от угла крошения и

ширины наральника. Наибольшие значения $H_{кр}$ при $\beta = 20-30^\circ$. Очевидно, указанное значение угла крошения наральника будет оптимальным с точки зрения полноты рыхления пласта [1].

При заданном значении глубины обработки $H = 38$ см по формуле (8) определим оптимальную ширину наральника – b . Принимая отношение $T/\sigma_{опр}$ равным в среднем 150 для сухостепной зоны Южного Урала, получим оптимальную ширину наральника, соответственно равную 80 мм.

Таким образом, по результатам исследований были получены следующие основные параметры щелереза:

- ширина наральника 80 мм;
- угол установки наральника ко дну борозды $20-30^\circ$.

Литература

1. Грибановский А.П., Биллингмайер Р.В. Комплекс противоэрозионных машин (теория, проектирование). Алма-Ата: Кайнар, 1990. 256 с.
2. Константинов М.М., Хмура А.Н., Потешкин К.С. и др. Совершенствование технических средств для глубокого рыхления почвы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 4 (32). С. 101–104.
3. Сазонов И.Н., Штофель М.А., Пилипенко А.И. Система мероприятий против эрозии почв. Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1984. 248 с.
4. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Колос, 1994. 751 с.