

УДК 631.01.020.05

КОРНЕЕВ АЛЕКСЕЙ ЮРЬЕВИЧ

E-mail: redos32@gmail.com

МАРТЫНОВА НАТАЛЬЯ БОРИСОВНА, канд. техн. наук

E-mail: yourim2@rambler.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 58, Москва, 127550, Российская Федерация

ПЛУЖНЫЙ РАБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ ПОЛУЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ В ЗОНЕ ОСУШЕНИЯ

Поперечное сечение канала зависит от грунтовых условий и характеризуется шириной по дну, глубиной и углом заложения откосов. Выбор гидравлически наиболее выгодного сечения поперечного профиля осушительного канала является актуальной проблемой при проектировании мелиоративных каналов в зоне осушения. Для определения наиболее выгодного сечения канала применена методика И.И. Агроскина. Рассмотрены сечения каналов трапецидального, параболического и полуэллиптического профилей. По результатам расчетов рекомендовано полуэллиптическое сечение для строительства осушительных каналов. Экспериментальные исследования проводились в различных грунтовых условиях. Отмечено, что существенное влияние на процесс копания грунта оказывают категория грунта и глубина разработки. По результатам исследований для строительства мелиоративных каналов полуэллиптического профиля предложена конструкция плужного рабочего органа. Доказано, что плужный каналокопатель может эффективно использоваться в различных грунтовых условиях при строительстве мелиоративной сети в зоне осушения. Тяговые усилия у разработанной машины ниже, чем у аналогичных машин трапецидального профиля.

Ключевые слова: плужный каналокопатель, поперечный профиль, смоченный периметр, гидравлический радиус, живое сечение канала, устойчивость откосов, заиление, размываемость.

Введение. Для строительства мелиоративных каналов используются машины с активным, активно-пассивным и пассивным рабочими органами. К каналокопателям с пассивным рабочим органом относятся плужные, к активно-пассивным – плужнороторные, к активным – двухроторные, шнекороторные машины. Их конструкции имеют свои особенности, которые определяются областью применения данных мелиоративных машин для строительства осушительной сети.

Поперечное сечение канала зависит от грунтовых условий и характеризуется шириной по дну, глубиной и углом заложения откосов. В подавляющем большинстве мелиоративные каналы имеют трапецидальную форму. Это объясняется тем, что рабочий орган мелиоративного каналокопателя технически проще изготовить для строительства каналов трапецидального сечения. Однако трапецидальная форма, характеризующаяся отсутствием технических сложностей при строительстве, имеет ряд недостатков: в нижней части откосы оплывают и происходит их заиление. По этой причине сечение канала, а следовательно, и его пропускная способность уменьшаются. В верхней

части откоса разрушений практически не наблюдается, но слишком большие территории выводятся из севооборота.

Каналы криволинейного сечения помогают избежать этих недостатков. Отсутствие углов помогает избежать зон заиления. В верхней части откоса угол к горизонту увеличивается, поэтому ширина канала по верху не будет достигать таких больших значений, как при строительстве трапецидальных каналов. Следовательно, сечение русла будет использоваться более эффективно, что особенно актуально для осушительных каналов в период паводка, во время затяжных дождей и во время коротких ливневых дождей.

Можно предположить, что отсутствие углов и, как следствие, низкая размываемость сечения будут способствовать увеличению устойчивости данного поперечного сечения во времени, а соответственно и повышению срока службы осушительных каналов криволинейного сечения.

Цель исследований – определение наиболее выгодного поперечного профиля мелиоративного канала в зоне осушения и создание машины для строительства канала исследуемого профиля.

Материал и методы. Для определения наиболее выгодного сечения использовалась методика И.И. Агроскина, которым было введено понятие удельного смоченного периметра [1]:

$$\chi_0 = \frac{\chi}{R} = \frac{S}{R^2} = \frac{\chi^2}{S},$$

где S – живое сечение канала, м²; R – гидравлический радиус, м; χ – длина смоченного периметра, м.

Следовательно, чем меньше удельный смоченный периметр, тем больший расход воды может пропустить данное поперечное сечение канала за единицу времени [2].

Определим удельный смоченный периметр для различных геометрических форм сечений каналов. Наиболее выгодное сечение будет иметь наименьший удельный смоченный периметр. Расчеты произведем для каналов различных профилей. В качестве исходных параметров принимаем, что глубина канала составляет 1,5 м, ширина канала по верху – 3,5 м, для трапециевидального канала ширина канала по дну – 0,5 м, коэффициент заложения откосов – 1:1.

Рассмотрим трапециевидальное сечение канала как традиционно используемое (рис. 1) [3].

Определим смоченный периметр [1]:

$$\chi = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2},$$

где b – ширина канала по дну, м; m – коэффициент заложения откоса; h – глубина канала, м.

Определим площадь поперечного сечения канала:

$$S = b \cdot h + m \cdot h^2.$$

Определим удельный смоченный периметр [1]:

$$\chi = \frac{(b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2})^2}{b \cdot h + m \cdot h^2} = \frac{(0,5 + 2 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{1 + 1^2})^2}{0,5 \cdot 1,5 + 1 \cdot 1,5^2} = 7,498.$$

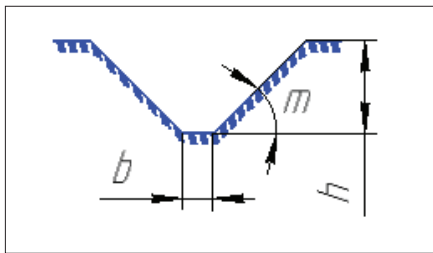


Рис. 1. Трапециевидальное сечение канала

Сравним трапециевидальное сечение с параболическим (рис. 2). Смоченный периметр для параболического сечения

$$\chi = 0,25 \cdot (B \cdot \sqrt{1 + B^2} + \ln (B + \sqrt{1 + B^2})),$$

где B – ширина канала по верху, м.

Площадь сечения канала параболического профиля

$$S = \frac{h \cdot B}{3}.$$

Определим удельный смоченный периметр для канала параболического профиля:

$$\chi_0 = \frac{3 \cdot (B \cdot \sqrt{1 + B^2} + \ln (B + \sqrt{1 + B^2}))^2}{4^2 \cdot h \cdot B} = \frac{3(3,5 \cdot \sqrt{1 + 3,5^2} + \ln (3,5 + \sqrt{1 + 3,5^2}))^2}{16 \cdot 1,53 \cdot 3,5} = 6,56.$$

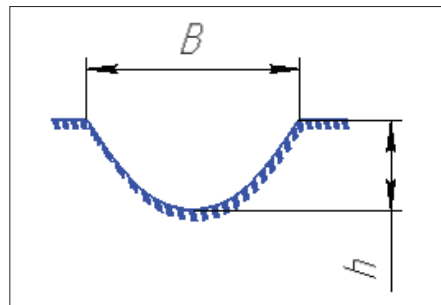


Рис. 2. Параболическое сечение канала

Рассмотрим канал полуэллиптического профиля (рис. 3). Находим смоченный периметр:

$$\chi = 0,5 \cdot \pi \cdot (0,5 \cdot B + h).$$

Площадь поперечного сечения

$$S = 0,25 \cdot \pi \cdot B \cdot h.$$

Удельный смоченный периметр для канала полуэллиптического профиля

$$\chi_0 = \frac{\pi \cdot (0,5 \cdot B + h)^2}{B \cdot h} = \frac{3,14 \cdot (0,5 \cdot 3,5 + 1,5)^2}{3,5 \cdot 1,5} = 6,32.$$

Следовательно, канал полуэллиптического профиля имеет геометрически более выгодное сечение.

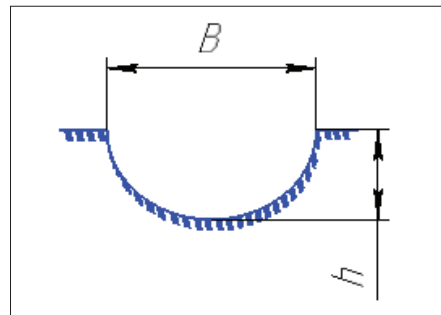


Рис. 3. Полуэллиптическое сечение канала

Полуэллиптическое сечение по гидравлическим параметрам является наиболее выгодным из рассмотренных составов (величина удельного смоченного периметра составила 6,32). Следовательно, полуэллиптическое сечение может быть рекомендовано для строительства осушительных каналов.

По результатам исследований была создана модель плужного каналокопателя полуэллиптического профиля (рис. 4). Экспериментальные исследования проводились в различных грунтовых условиях.



Рис. 4. Модель плужного каналокопателя полуэллиптического профиля

Результаты и обсуждение. Образец использовался для копания грунта на различную глубину. В процессе эксперимента менялись влажность грунта от 5 до 10% и его гранулометрический состав (супесь – 4 удара плотномера ДорНИИ; суглинок – 9 ударов) [4]. В результате исследования процесса составлено уравнение регрессии, которое адекватно описывает процесс копания грунта плужным каналокопателем полуэллиптического профиля [5]. Существенное влияние на процесс оказывают категория грунта и глубина разработки. Влажность в исследуемых пределах оказывает существенно меньшее влияние на процесс:

$$R(H, \alpha, C) = 13,25 + 3,7H + 0,91\alpha + 3,58C,$$

где H – глубина копания, м; α – влажность грунта, %; C – число ударов плотномера ДорНИИ.

В процессе исследования было определено усилие сопротивления грунта копанию. Полученные данные сравнили с технической характеристикой существующих конструкций плужных каналокопателей трапецидального профиля МК-16 и ПК-100 (табл.) [2].

Техническая характеристика плужных каналокопателей

Показатель	МК-16	ПК-100	Разработанная машина
Глубина канала, м	0,50	1,05	1,50
Ширина по верху, м	1,85	2,30	3,50
Тяговое усилие, кН	44	68	75

Выводы

1. Осушительные каналы трапецидального профиля имеют следующие недостатки:

- сечение неэффективно с точки зрения гидравлики (большие площади в верхней части канала выводятся из севооборота);
- невысокой является устойчивость к размыву (верхние пласты грунта размываются под действием атмосферных осадков и паводковых вод, а стык дна и откоса быстро заиливается, изменяя поперечное сечение канала и уменьшая его пропускную способность).

2. Параболическое сечение канала гидравлически более выгодно благодаря криволинейной поверхности откоса.

3. Полуэллиптическое сечение канала имеет наименьший удельный смоченный периметр, следовательно, каналы полуэллиптического профиля могут быть эффективно использованы для строительства осушительных сетей.

4. Опытные исследования показали, что плужный каналокопатель может эффективно использоваться в различных грунтовых условиях при строительстве мелиоративной сети в зоне осушения. Тяговые усилия у разработанной машины ниже, чем у аналогичных машин трапецидального профиля.

Библиографический список

1. Агроскин И.И. Гидравлика / И.И. Агроскин. М.: Энергия, 1964. 531 с.
2. Шестопалов К.К. Машины для земляных работ / К.К. Шестопалов. М.: МАДИ, 2011. 145 с.
3. Аверьянов С.Ф. Управление водным режимом мелиорируемых сельскохозяйственных земель / С.Ф. Аверьянов. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 542 с.
4. Слюсаренко В.В. Машины и оборудование природообустройства / В.В. Слюсаренко, А.В. Хизов, А.В. Русинов. Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2012. 130 с.
5. Баловнев В.И. Определение оптимальных параметров и выбор землеройных машин в зависимости от условий эксплуатации / В.И. Баловнев. М.: МАДИ, 2010. 134 с.

Статья поступила 7.12.2016 г.

PLOW WORKING TOOL FOR CONSTRUCTING SEMI-ELLIPTICAL RECLAMATION CANALS IN DRAINAGE AREAS

ALEKSEI Yu. KORNEYEV, postgraduate student

E-mail: redos32@gmail.com

NATALIA B. MARTYNOVA, Associate Professor

E-mail: yourim2@rambler.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

The canal cross section depends on earth conditions and is characterized by the bottom width and depth, as well as an embankment angle. Selecting hydraulically most profitable sections of a transverse profile for drainage canals is an important problem in designing reclamation canals in a drainage zone. In determining the most advantageous canal cross-section, use has been made of I.I. Agroskin's method. The authors have considered canal cross sections of trapezoidal, parabolic and semielliptical profiles. Basing on the calculation results, they have recommended to use a semi-elliptical section for the construction of drainage canals. Experimental studies have been carried out under various earth conditions. It has been noted that the earth category and the digging depth make a significant influence on the digging process. According to the research results, the authors suggest applying a semi-elliptic profile for the construction of reclamation canals and offer a design of a plough working body. It has been proved that a plough ditcher can be effectively used in various earth conditions for reclamation works in a drainage zone. Traction forces of the developed machine are lower than those of similar trapezoidal profile machines.

Key words: plough ditcher, cross profile, wetted perimeter, hydraulic radius, live canal cross section, stability of slopes, sedimentation, smearing.

References

1. Agroskin I.I. *Gidravlika [Hydraulics]* / I.I. Agroskin. M.: Energiya, 1964. 531 p.

2. Shestopalov K.K. *Mashiny dlya zemlyanykh rabot [Earth-moving machines]* / K.K. Shestopalov. M.: MADI, 2011. 145 p.

3. Aver'yanov S.F. *Upravleniye vodnym rezhi-mom melioriruyemykh sel'skokhozyaystvennykh zemel' [Controlling the water regime of reclaimed farmland]* / S.F. Aver'yanov. M.: Izd-vo RGAU-MSKHA, 2015. 542 p.

4. Slyusarenko V.V. *Mashiny i oborudovaniye pri-rodoobustroystva [Machinery and equipment for environmental engineering]* / V.V. Slyusarenko, A.V. Khizov, A.V. Rusinov. Saratov: FGBOU VPO "Saratovskiy GAU", 2012. 130 p.

5. Balovnev V.I. *Opredeleniye optimal'nykh parametrov i vybor zemleroynykh mashin v zavisimosti ot usloviy ekspluatatsii [Determination of optimal parameters and selection of earth-moving machines depending on operating conditions]* / V.I. Balovnev. M.: MADI, 2010. 134 p.

Received on December 7, 2016