



ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО РАСХОДА МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА М-12 В СЛАВСКОМ РАЙОНЕ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. А. Меньшикова, студентка
e-mail: liza.menshikova.1996@mail.ru

В. Г. Пунтусов, доц.
e-mail: amber7@baltnet.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Исследуемая площадка, расположена в Славском районе, в 17 км юго-западнее районного центра - г. Славск и представляет собой участок мелиоративного канала М-12 и насосной станции. Начало объекта находится в 3,7 км к западу от д. Громово, а конец объекта - в 3,2 км к югу от д. Громово. Пolder имеет водосборную площадь 2020 га. Канал М-12 является водоприемником поверхностного стока, образующегося в результате выпадения осадков и таяния снега, существующей мелиоративной сети, осушающей прилегающую площадь. Актуальной целью работы является определение расчетного расхода магистрального канала М-12 по двум методам, для большей степени достоверности результата. В данной работе собраны данные об атмосферных осадках исследуемого района.

водные ресурсы; река; канал; магистральный канал; реконструкция; мелиорация; polderные системы; расчётный расход; гидротехническое сооружение

На территории Калининградской области площадь осушаемых земель составляет 1047,8 тыс. га, что составляет 78% от территории суши и является 23% осушаемых земель Российской Федерации. Площадь polderных систем - 100 тыс. га. Основная часть polderных систем области расположена на территории Неманской низменности в Славском районе и составляет около 70 тыс. га. Одним из главных вопросов является эксплуатация polderных мелиоративных систем Калининградской области, площадь которых составляет 70% земель этого типа всей страны. Земли polderов имеют высокое потенциальное плодородие, что очень важно для сельского хозяйства [1]. Polder насосной станции №12 является частью осушительной системы Неманского polderного массива. Территория исследования представляет собой polderные земли, покрытые густой сетью мелиоративных каналов и защищенных от Куршского залива дамбами.

Цель данной работы заключается в определении расчетного расхода магистрального канала М-12 в Славском районе.

Работа включает:

- сбор данных об атмосферных осадках в районе исследования;
- расчет по расходу магистрального канала М-12 методом водного баланса;
- расчет максимальных расходов воды весеннего половодья и дождевых паводков.

Атмосферные осадки

При составлении общей характеристики района работ использованы данные по многолетним наблюдениям ближайшей метеостанции города Советск, которая находится на расстоянии около 17 км от района исследований (табл.1). Средние месячные и годовые суммы осадков при 10% - обеспеченности сведены в табл. 2.

В среднем за год выпадает 873 мм осадков. В теплый период года выпадение большего количества осадков приходится на июль. По количеству осадков земли данного района являются хорошо увлажняемыми. На распределение осадков данной территории наибольшее

влияние оказывают орографические особенности и характер подстилающей поверхности. Из года в год изменчивость осадков велика. В отдельные годы количество выпавших осадков может значительно отклоняться от среднегололетнего значения.

Таблица 1 - Среднее месячное и годовое количество осадков, мм [2]

Метеостанция	Период												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Советск	67	53	52	52	59	75	101	111	82	70	71	80	873

Таблица 2 - Средние месячные и годовые суммы осадков при 10% - обеспеченности, мм [3]

Метеостанция	Период												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Советск	41,8	74,5	62,8	51,0	4,8	82,6	159,7	44,4	151,9	194,8	65,0	78,6	1011,9

Расчет расхода канала М-12 методом водного баланса

Расчетную обеспеченность расходов воды необходимо принимать в зависимости от класса каналов. Канал М-12 площадью водосбора 20,20 км² относится к IV классу (площадь осушения 50 и менее тыс. га). Для осушительных систем расчетная обеспеченность расходов воды - 10% [4].

При площади осушаемых земель до 2 тыс. га допускается проводить расчет проводящей сети на пропуск расходов 10% - обеспеченности при использовании земель под полевые севообороты, пастбища и сенокосы [4]. Расчетный расход определяется по формуле Т.А. Кадревич [5]:

$$Q_{10\%} = \frac{\sum P \cdot (1-K) \cdot F}{T \cdot n} = 2,2 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \quad (1)$$

где $\sum P$ - осадки зимнего периода (принимаются январь-март) 10% обеспеченности табл. 2, мм;

K- коэффициент откачки зимнего периода, показывающий долю выпавших атмосферных осадков, которые откачиваются насосными станциями в зимний период, K=0,55 [5];

F- площадь водосбора насосной станции, F=20,20 км² [2];

T - расчетное время откачки, принимают T = 9 суток [5];

n - безразмерный коэффициент использования суточного времени, показывающий долю суточного времени, в течение которой ведется откачка воды насосными станциями, n = 0,8 [5];

α - коэффициент, показывающий увеличение расчетного расхода за счет приточности фильтрационных вод через оградительные дамбы польдерной системы [5].

Для учета запаздывания стока на водосборе необходимо расчетный расход умножить на безразмерный коэффициент замедления стока φ , который определяется по формуле А.Н. Костякова [5]:

$$\varphi = \frac{4}{5\sqrt{F}} = 0,87. \quad (2)$$

Расчет максимальных расходов воды весеннего половодья

Максимальных расходы весеннего половодья рассчитываются в соответствии [6] и по пособию определения расчетных гидрологических характеристик с помощью реки-аналога.

Для расчетов гидрологических характеристик выбрана река Злая, которая имеет характерный ряд наблюдений [6]:

$$Q_{p\%} = \frac{K_0 \cdot h_p \cdot \mu \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot A}{(A + A_1)^n}, \quad (3)$$

где $Q_{p\%}$ - максимальный расход воды весеннего половодья заданной ежегодной вероятностью превышения, м³/с [6];

K_0 - дружность половодья, по данным реки-аналога $K_0 = 0,0023$ [7];

h_p - слой суммарного стока половодья, мм [6];

δ_1, δ_2 - безразмерные коэффициенты, учитывающие снижение максимального расхода лесами и болотами [6];

δ - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние на сток озер, водохранилищ [6];

A - площадь водосбора, км² [3].

Коэффициент δ_1 , учитывающий снижение влияния леса определяется по формуле [6]:

$$\delta_1 = \frac{a_1}{(A_l + 1)^{0,22}} = 0,47, \quad (4)$$

где a_1 - параметр, учитывающий расположение леса на водосборе; $a_1 = 1,0$ - лес на водосборе расположен равномерно (рис. 1) [6];

$A_l = 29,4\%$ - залесенность водосбора.



Рис. 1 - Водосборная площадь канала М-12

В лесной зоне из-за отсутствия сведений о преобладающих почвах (грунтах) значение принимают $n=0,22$ независимо от почв (грунтов) под лесом [6]:

$$\delta_2 = 1 - \beta \cdot \lg(0,1 \cdot A_\delta + 1) = 0,32, \quad (5)$$

где $\beta = 0,8$ - коэффициент, учитывающий тип болот и состав грунта а водосборе (низинные болота и заболоченные леса и луга на водосборах, сложенных супесчаными и легкосуглинистыми почвами) [6];

$A_\delta = 61,8\%$ - заболоченность водосбора.

Коэффициент $\delta = 1$ - учитывающий влияние на сток озер и водохранилищ [6].

Для различной расчетной обеспеченности принят коэффициент μ_p : $\mu_{1\%} = 1$; $\mu_{5\%} = 0,96$; $\mu_{10\%} = 0,93$. Значение $A_1 = 1 \text{ км}^2$; $n=0,17$ [7-8]. Величина слоев стока половодья для различной обеспеченности: $h_{1\%} = 278 \text{ мм}$; $h_{5\%} = 212 \text{ мм}$; $h_{10\%} = 180 \text{ мм}$ [7].

Максимальные расходы воды весеннего половодья различной обеспеченности сводим в табл. 3.

Таблица 3 - Максимальные расходы весеннего половодья обеспеченностью

$Q_{1\%}$	$Q_{5\%}$	$Q_{10\%}$
1,12 м ³ /с	0,85 м ³ /с	0,68 м ³ /с

Расчет расхода канала М-12 методом водного баланса

Используя формулу Т.А. Кадревич определим расчетный расход [5]:

$$Q_{1\%} = \frac{(P-E) \cdot F \cdot \varphi}{T \cdot n} = 5,24 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (6)$$

где $H_{1\%}=118 \text{ мм}$ - максимальный суточный слой осадков вероятности превышения $P=1\%$ [9];

E - средний слой испарения за 5 суток, $E=15 \text{ мм}$ [10];

F , n - то же, что и в формуле (1);

Расчётное время откачки, $T = 5$ суток [5];

Безразмерный коэффициент замедления стока находим по формуле (2), $\varphi = 0,87$.

Максимальный расход насосной станции 12 приводится к следующему виду, что для 10% - обеспеченности [6]:

$$Q_{10\%} = Q_{1\%} \cdot \lambda_{p\%} = 2,8 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (7)$$

где $\lambda_{p\%}=0,55$ - переходный коэффициент от максимальных расходов воды вероятностью превышения $P=10\%$ [7].

Расчет максимальных расходов воды дождевых паводков

Для малых водотоков с площадями водосбора менее 200 км^2 максимальные расходы дождевых паводков определяются по формуле предельной интенсивности стока и пособию определения расчетных гидрологических характеристик [6]:

$$Q_{p\%} = q'_{1\%} \cdot \varphi \cdot H_{1\%} \cdot \delta \cdot \lambda_{p\%} \cdot A, \quad (8)$$

где $q'_{1\%} = \frac{q_{1\%}}{\varphi \cdot H_{1\%}}$ - относительный модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятностью превышения $P=1\%$ [6];

φ - сборный коэффициент стока [6];

$H_{1\%}$ - максимальный суточный слой осадков вероятности превышения $P=1\%$, $H_{1\%}=118 \text{ мм}$ [9];

$$\delta = \frac{1}{1 - C_0 \cdot A_{03}} = 1, \text{ при } A_{03} = 0; \quad (9)$$

Коэффициенты от максимальных расходов воды, ($\lambda_{1\%} = 1,0$; $\lambda_{5\%} = 0,67$; $\lambda_{10\%} = 0,55$) [7];

A - то же, что и в формуле (3);

$q'_{1\%}$ - зависимость от гидроморфической характеристики русла Φ_p и продолжительности склонового догребания стока $\tau_{СК}$, мин [6];

$$\Phi_p = \frac{1000l}{m_p \cdot J_p^m \cdot A^{0,25} (\varphi \cdot H_{1\%})^{0,25}} = 152,8; \quad (10)$$

$l=5,46$ км - длина водотока;

$m_p=9$, $m=0,33$ - гидравлические параметры состояния и шероховатости русла [Ошибка! Источник ссылки не найден.];

$J_p = 0,75$ - параметр характеризующий средневзвешенный уклон водотока в промилле;

$$\varphi = \left(\frac{c_2 \cdot \varphi_0}{(A+1)^{n_3}} \right) \left(\frac{i_B}{50} \right)^{n_2} = 0,16, \quad (11)$$

$c_2 = 1,2$ - эмпирический коэффициент [6];

$i_B = 15$ - средневзвешенный уклон в промилле;

$\varphi_0 = 0,38$ - сборный коэффициент, определяется от механического состава почв [8];

$n_3 = 0,07$ $n_2 = 0,65$ - параметры водосбора [6].

Максимальные расходы воды весеннего половодья различной обеспеченности сводим в табл. 4.

Таблица 4 - Максимальные расходы воды дождевых паводков

$Q_{1\%}$	$Q_{5\%}$	$Q_{10\%}$
$5,7 \frac{M^3}{c}$	$3,8 \frac{M^3}{c}$	$3,1 \frac{M^3}{c}$

Заключение

Для сравнения результаты расчетов методом водного баланса, максимальных расходов воды весеннего половодья и дождевых паводков сведены в таблицу 5.

Таблица 5 - Расчет максимальных расходов воды

Согласно СП 33-101-2003	Методом водного баланса
10% обеспеченности	
Весеннего половодья	
$0,68 \frac{M^3}{c}$	$2,2 \frac{M^3}{c}$
Дождевые паводки	
$3,1 \frac{M^3}{c}$	$2,8 \frac{M^3}{c}$

Для оценки производительности насосной станции 12 и магистрального канала в Славском районе, были рассчитаны расчетные расходы согласно [6]. На данный момент использование приведенной в [6] методики состоит в том, что для определения расчетного расхода с польдерных систем нет рек-аналогов с длинным рядом наблюдений, которые бы удовлетворяли необходимым требованиям. Анализ выбора соответствия критериев показал, что при сравнении характеристик реки-аналога и канала М-12 есть отклонения. Для большей степени достоверности результата было принято решение дополнительно произвести расчет методом водного баланса. Полученные параметры находятся в пределах допустимой погрешности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пунтусов В.Г., Диваков О.В., Лапин В.Г. Перспективы развития мелиорации земель Калининградской области // Состояние и перспективы развития водохозяйственного комплекса региона: сб. науч. тр. Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. С. 102-106.
2. Тендер: Реконструкция осушительной насосной станции № 12 и магистральных каналов, Славский район, Калининградская область [Электронный ресурс]. Режим доступа – свободный: <http://rostender.info/region/kaliningradskaya-oblast/slavsk/26238183-tender-rekonstrukciya-osushitelnoj-nasosnoj-stancii-12-imagistralnogo-kanala-slavskij-rajon-kaliningradskaya-oblast> (Дата обращения 20.07.2019).
3. «Аисори – Удаленный доступ к ЯОД-архивам» [Электронный ресурс]- Режим доступа – закрытый. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/index.xhtml> (Дата обращения: 04.07.2019)
4. Свод правил СП 100.13330.2016 Строительные нормы и правила. Мелиоративные системы и сооружения. Утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2016 г. N 953/пр и введен в действие с 17 июня 2017 г.
5. Рекомендации по применению польдерных систем. Вильнюс: Периодика, 1975. 51 с.
6. Свод правил 33-101-2003. Свод правил. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Одобрен для применения в качестве нормативного документа постановлением Госстроя России № 218 от 26.12.2003.
7. Инженерные изыскания в бассейне реки Преголи: монография / В. А. Наумов, Н. Р. Ахмедова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. – 183 с.
8. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. Утвержден Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 15 июля 1983 года N 186.
9. Свод правил СП 131.13330.2018 Свод правил. Строительная климатология Утверждён приказом Министерства регионального развития Калининградской области (Минрегион России) от 30 июня 2015 г. № 275.
10. Рекомендации по расчету и прогнозу, влагозапасы и промерзание почв, испарение с почвы и водной поверхности при региональном изменении климата. - Санкт-Петербург: «Разработан Федеральным государственным бюджетным учреждением «Государственный гидрологический институт» (ФГБУ «ГГИ») Росгидромета» УТВЕРЖДЕН и ВВЕДЕН в действие приказом ФГБУ «ГГИ» от 19.11.2015 №31.

DETERMINATION OF SETTLEMENT FLOW OF THE MAIN CHANNEL M-19 IN SLAVSKY DISTRICT OF THE KALININGRAD REGION N.D.

E. A. Menshikova, student
e-mail: liza.menshikova.1996@mail.ru
V. G. Puntusov, Associate Professor
e-mail: amber7@baltnet.ru
Kaliningrad State Technical University

The study site, located in the Slavsky district, 17 km southwest of the district center - the city of Slavsk, is a section of the reclamation channel M-12 and the pumping station. The beginning of the object is located 3.7 km west of the village of Gromovo, and the end of the object is 3.2 km south of the village of Gromovo. The polder has a catchment area of 2020 ha. Channel M-12 is a water intake of surface runoff resulting from precipitation and melting snow, the existing reclamation network that drains the adjacent area. The actual goal of the work is to determine the estimated

flow rate of the M-12 main canal by two methods, for a greater degree of reliability of the result. In this work, data on atmospheric precipitation of the studied area are collected.

water resources; river; channel; trunk canal; reconstruction; land reclamation; polder systems; estimated consumption; hydraulic structure