

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Шугай П. Ю. – ассистент

Кажаров В. М. – аспирант

Микитюк А. В. – к. т. н., ассистент

Кубанский государственный аграрный университет

В статье приведен анализ расчета коэффициента гидравлического трения поливного полиэтиленового трубопровода системы капельного орошения с учетом высоких температур воды. Получена теоретическая формула коэффициента гидравлического трения с учетом высоких температур воды.

Для обеспечения качественного орошения культур необходимо равномерное распределение воды по площади полива.

Равномерность полива достигается с помощью гидравлического расчета систем капельного орошения (КО), которые состоят из поливных трубопроводов и капельниц-водовыпусков.

Поливные трубопроводы (ПТ) должны обеспечить равномерность полива растений, которая достигается за счет капельниц.

Основным требованием, предъявляемым к поливным трубопроводам, является создание относительно постоянного давления внутри них.

Напор в поливном трубопроводе определяется по формуле:

$$H = \pm H_{\Gamma} + H_{K} + h, \quad (1)$$

где H_G – геометрическая высота, которая определяется разностью отметки поверхности земли, где установлена самая удаленная капельница на ПТ до места подключения к участковому трубопроводу, м;

H_K – напор воды над капельницей в "оптимальной зоне", м;

h – потери напора в поливном трубопроводе, определяются по формуле Дарси – Вейсбаха, м.

$$h = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}, \quad (2)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения.

Имеются исследования [1; 2; 3; 4], в которых приводятся данные по расчету гидравлических характеристик (потерь напора, расхода, средней скорости) систем капельного орошения.

В основном ПТ и капельницы изготавливаются из черного полиэтилена, чтобы предотвратить их зарастание водорослями [1]. В поливных полиэтиленовых трубопроводах систем КО вода прогревается в дневное время до 55 °С.

Расчетные зависимости [8; 9; 10; 3] в основном не учитывают влияние окружающей среды на гидравлические характеристики полиэтиленовых трубопроводов.

Поэтому для уточнения гидравлических характеристик ПТ были проведены опыты на экспериментальной установке, с помощью описанной методики [11] исследовалось влияние температуры воды на коэффициент гидравлического трения поливных полиэтиленовых трубопроводов диаметрами 0,012; 0,016; 0,02 м.

В результате обработки опытных данных построены зависимости коэффициента гидравлического трения от числа Рейнольдса для полиэти-

леновых трубопроводов диаметрами 0,012; 0,016; 0,02 м при повышенных температурах поливной воды (рис. 1, 2).

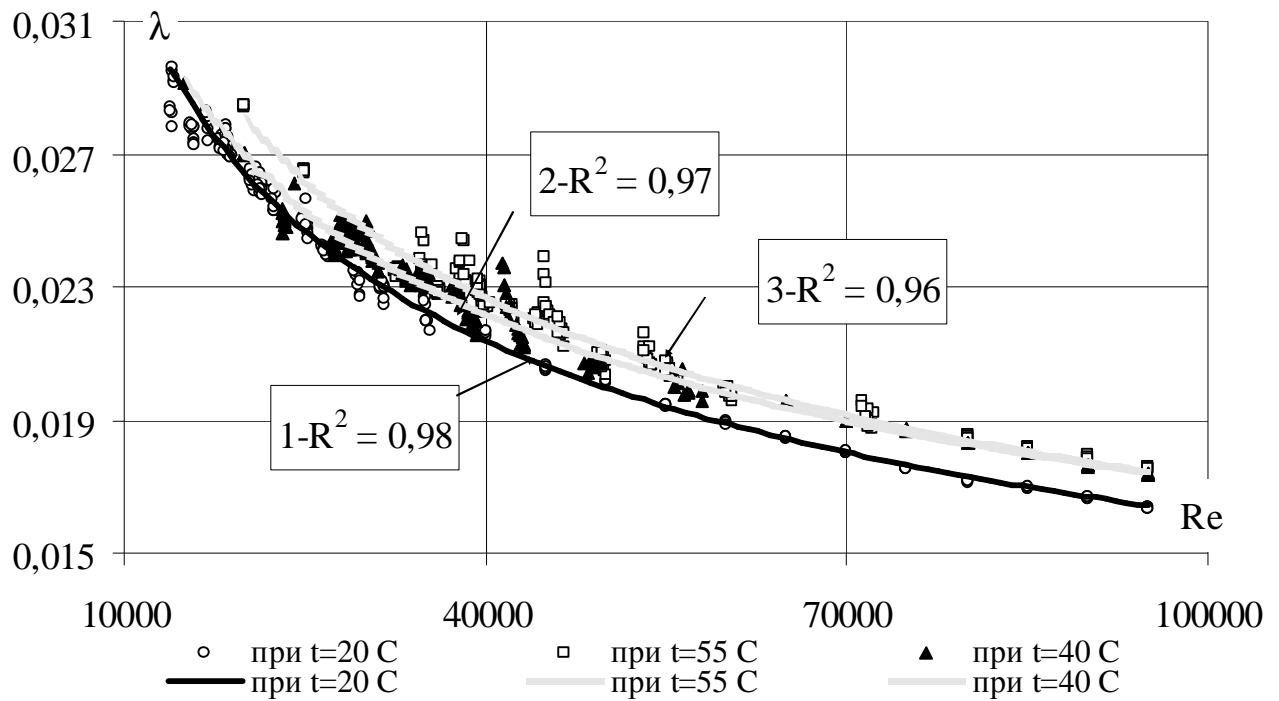


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента гидравлического трения от числа Рейнольдса для полиэтиленовых трубопроводов диаметром 0,012; 0,016; 0,02 м при различных температурах воды:

1 – t=20 °C; 2 – t=40 °C; 3 – t=55 °C

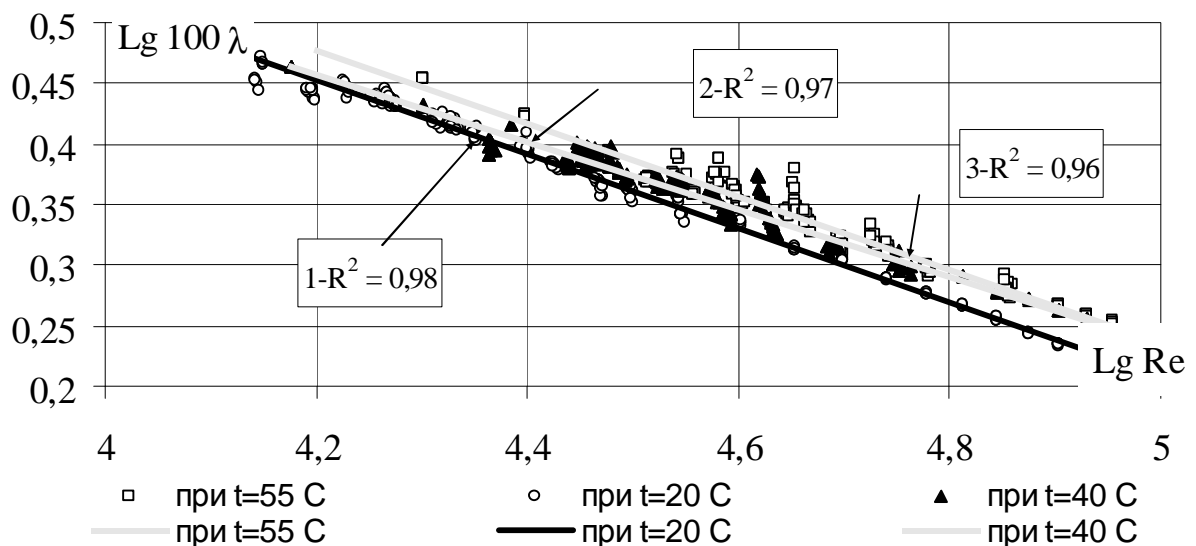


Рисунок 2 – Зависимость $Lg 100 \lambda$ от $Lg Re$ для полиэтиленовых трубопроводов диаметром 0,012; 0,016; 0,02 м при различных температурах воды: 1 – $t=20$ °C; 2 – $t=40$ °C; 3 – $t=55$ °C

В результате обработки рисунков 1 и 2 были получены обобщенные формулы для определения коэффициента гидравлического трения λ полиэтиленовых трубопроводов диаметрами 0,012; 0,016; 0,02 м при числах Рейнольдса $Re=10000-100000$ при повышенных температурах поливной воды:

- при температуре 20 °C

$$\lambda = \frac{0,5}{Re^{0.297}}, \quad (3)$$

- при температуре 40 °C

$$\lambda = \frac{0,427}{Re^{0.279}}, \quad (4)$$

- при температуре 55 °C

$$\lambda = \frac{0,544}{Re^{0.305}}, \quad (5)$$

где Re – число Рейнольдса.

На рисунке 3 показана зависимость коэффициента гидравлического трения от числа Рейнольдса в сравнении с опытными данными авторов [1; 2; 3; 4; 9; 10] и экспериментальными данными, полученными при повышенных температурах поливной воды.

Произведем сравнение полученных результатов по исследованию коэффициентов гидравлического трения в полиэтиленовых трубопроводах с опытными данными [1; 3; 4]. Опытные данные З. Р. Маланчука и А. А. Федорца [3; 4] описываются закономерностью 6 (рис. 3). Расхождение опытных данных [3; 4] от полученных экспериментальных данных представлены на рисунке 3. Кривые 1, 2, 3 проходят выше, их расхождение

составляет 20–40 %, при числах Рейнольдса от $1 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^5$, при температуре от 20–55 °С.

Опытные данные Е. В. Кузнецова [2; 9] и Ю. А. Скобельцина [9] описываются кривыми 4, 5 (рис. 3) и проходят ниже полученных опытных данных (кривые 1, 2, 3). Максимальное расхождение опытных данных авторов [2; 9] от экспериментальных составляет 20 % и 60 % соответственно.

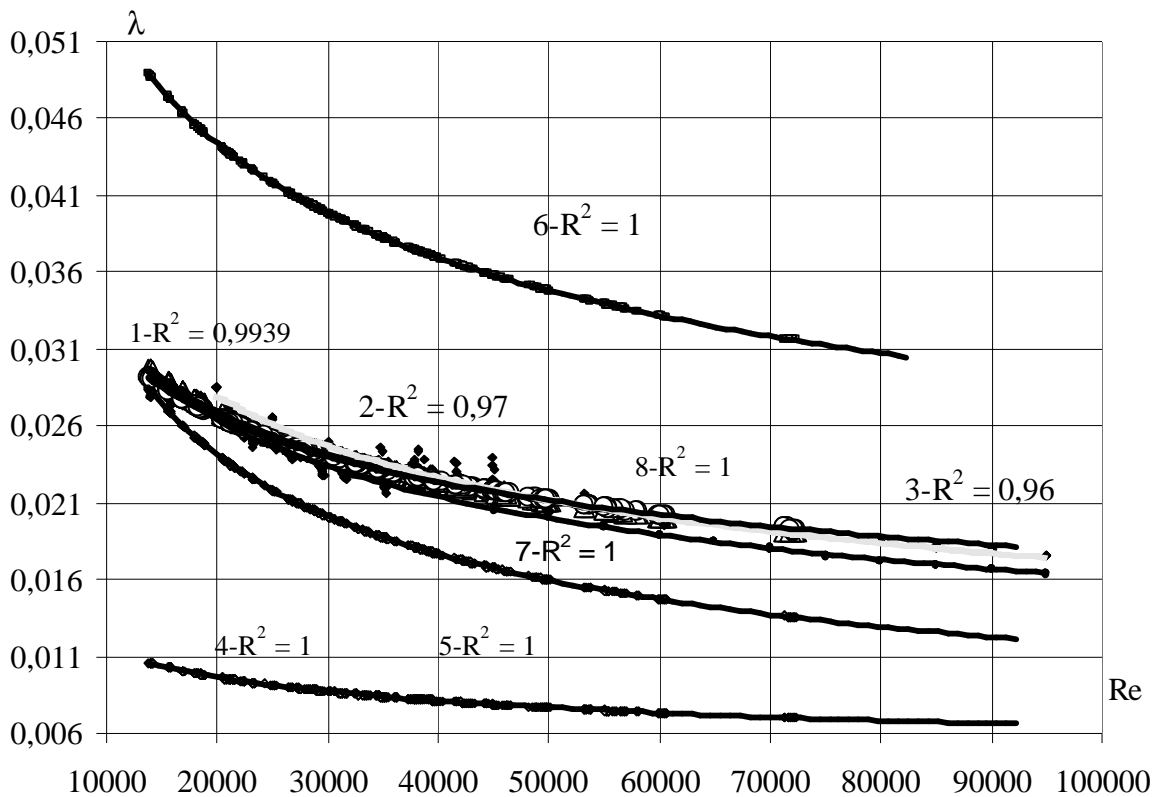


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента гидравлического трения от числа Рейнольдса при различных температурах воды в полиэтиленовом трубопроводе диаметрами 0,012; 0,016; 0,02 м и сравнение опытных данных с другими авторами: 1– $t=20$ °С; 2 – $t=40$ °С; 3 – $t=55$ °С; 4 – Формула Скобельцина; 5 – Формула Кузнецова; 6 – Формула Федорца; 7 – Формула Орла и Великанова; 8 – Формула Блазиуса

На графике $\lambda=f(\text{Re})$ (рис. 3) дана кривая 7, полученная И. П. Орлом и Ю. Н. Великановым [1] для полиэтиленовых трубопроводов диаметрами

0,012; 0,016; 0,02 м систем КО, что совпадает с опытными данными (кривая 1) при температуре жидкости 20 °С. Однако с учетом повышенных температур поливной воды (кривые 2, 3, построенные по формулам (2), (3)) имеются расхождения с данными (кривой 7) И. П. Орла и Ю. Н. Великанова [1], максимально расхождения составляют 17 %.

На графике $\lambda=f(\text{Re})$ (рис. 3) представлена кривая 8, полученная в 1913 г. Блазиусом [5] для области гидравлических гладких труб, которая совпадает с экспериментальной кривой 1, построенной при температуре 20 °С. Однако здесь не учитывается влияние высоких температур воды на полиэтиленовые трубопроводы и имеется максимальное расхождение 20 %.

Следовательно, полученные автором формулы (4), (5), (6) можно использовать для уточнения определения коэффициентов гидравлического трения в полиэтиленовых трубопроводах диаметром 0,012; 0,016; 0,02 м при температурах жидкости от 20 °С до 55 °С.

При расчете гидравлического трения в полиэтиленовых трубопроводах в литературе [5; 6; 7; 8] используется формула Блазиуса.

Нами предлагается усовершенствовать формулу Блазиуса с учетом температурного фактора, влияющего на поливные полиэтиленовые трубопроводы диаметрами 0,012; 0,016; 0,020 м.

На рисунке 4 представлен график зависимости $\bar{\lambda}=f(\bar{t})$, где $\bar{\lambda}$ – безразмерная величина равная отношению $\frac{\lambda_{ОП}}{\lambda_{БЛ}}$; здесь $\lambda_{ОП}$ – коэффициент гидравлического трения с учетом изменения температуры жидкости от 20 °С до 55 °С, а $\lambda_{БЛ}$ – коэффициент гидравлического трения, полученный Блазиусом. Величина \bar{t} – безразмерная, она учитывает отношение температуры жидкости, где t – температура жидкости от 20 °С до 55 °С, а t_{20} – температура жидкости, равная 20 °С.

В результате обработки графика $\bar{\lambda} = f(\bar{t})$ на рисунке 4 получена эмпирическая формула для уточнения коэффициента гидравлического трения для полиэтиленового трубопровода диаметром 0,012; 0,016; 0,02 м с учетом изменения температуры жидкости от 20 °С до 55 °С:

$$\bar{\lambda} = 0,992 \cdot (\bar{t})^{-0,012}, \quad (6)$$

где $\bar{\lambda} = \frac{\lambda_{ОП}}{\lambda_{БЛ}};$

$$\bar{t} = \frac{t}{t_{20}}.$$

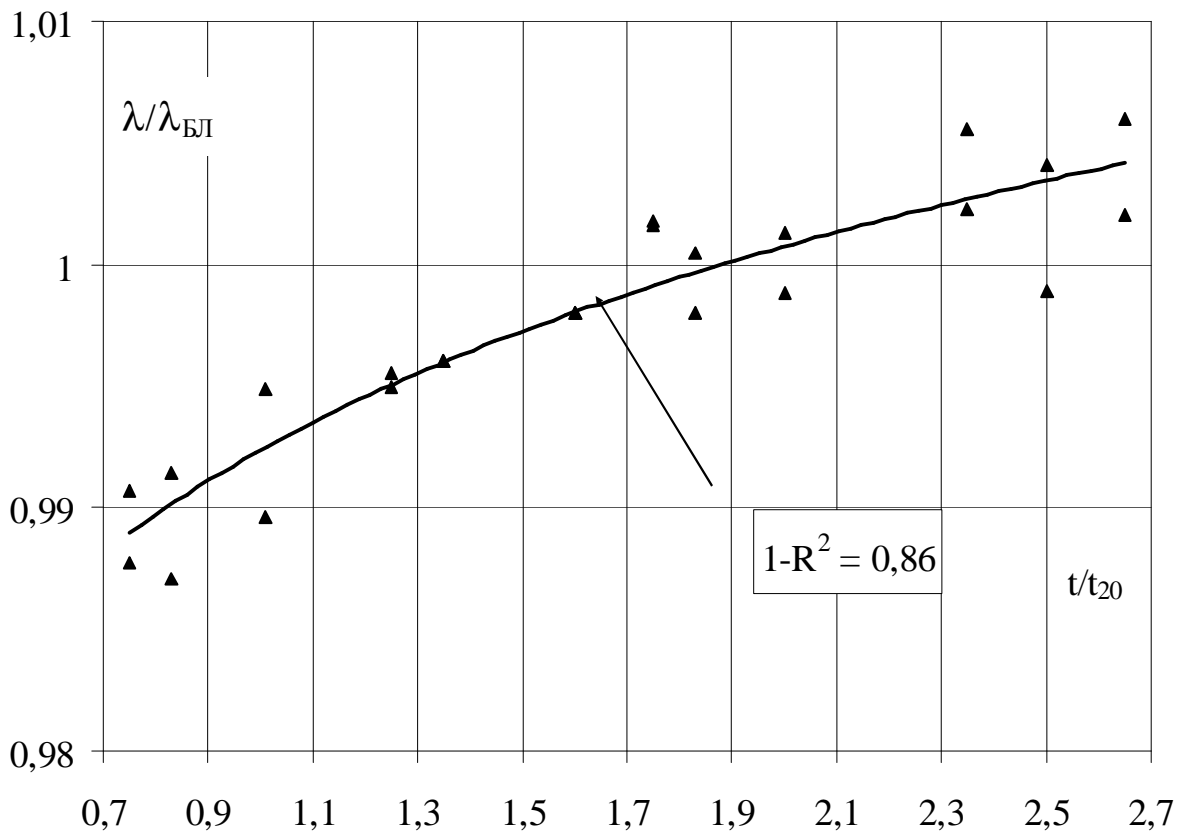


Рисунок 4 – Зависимость безразмерной величины $\bar{\lambda}$ от безразмерной величины \bar{t} для полиэтиленовых трубопроводов диаметрами 0,012; 0,016; 0,02 м

Преобразуя формулу (6), получим выражение для определения λ в полиэтиленовых трубопроводах диаметрами 0,012; 0,016; 0,02 м при изменении температуры жидкости от 20 °С до 55 °С:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re} \cdot \left(\frac{t}{t_{20}} \right)^{0.012}. \quad (7)$$

Список литературы

1. Орел, И. П. Гидравлический расчет поливных трубопроводов систем капельного орошения / И. П. Орел, Ю. Н. Великанов // Гидротехника и мелиорация. – 1978. – № 7, С. 52–55.
2. Кузнецов, Е. В. Влияние транзитной скорости на отклонение потока при истечении через отверстия-водовыпуски / Е. В. Кузнецов // Тр. Кубан. СХИ. – Краснодар, 1980. – Вып. 172. – С. 115–122.
3. Федорец, А. А. Гидравлические исследования поливных трубопроводов систем капельного орошения. – В кн. : Новое в техн. и технол. полива / А. А. Федорец // Сб. науч. тр. ВНПО "Радуга". – 1978. – Вып. 2. – С. 115–120.
4. Маланчук, З. Р. Экспериментальные зависимости гидравлического расчета поливных трубопроводов. – В кн. : Новое в техн. и технол. полива / З. Р. Маланчук // Сб. науч. тр. ВНПО "Радуга". – 1979. – Вып. 12. – С. 184–189.
5. Ненько, Я. Т. О движении жидкости с переменной вдоль потока массой / Я. Т. Ненько // Тр. Харьковского гидромет. ин-та. – Харьков, 1938. – С. 3–50.
6. Петров, Г. А. Гидравлика переменной массы / Г. А. Петров. – Харьков : Изд. Харьк. ун-та, 1964. – 223 с.
7. Novotny, M. Technologia a hydraulika pomalej podpovrchovej zavlahy pre trvale plodiny / M. Novotny, A. Klopčák // Vyskumneho ustavu zavlahoveho hospodarstva. – Bratislave, 1981. – № 15. – С. 145–161.
8. Черноморцева, В. Н. Гидравлический расчет поливного трубопровода, оборудованного капельницами / В.Н. Черноморцева // Докл. ВАСХНИЛ. – 1983. – № 2. – С. 40–41.
9. Кузнецов, Е. В. Расходные характеристики капельниц-водовыпусков / Е. В. Кузнецов, Ю. А. Скобельцын // Тр. Кубан. СХИ. – Краснодар, 1982. – Вып. 198. – С. 73–79.
10. Федорец, А. А. Определение коэффициента гидравлического трения полиэтиленовых трубопроводов, применяемых для капельного орошения / А. А. Федорец, С. М. Мороз, Л. А. Конюхов. – В кн. : Гидромелиорация и гидротехническое строительство. – Львов, 1979. – Вып. 7. – С. 63–67.
11. Шугай, П. Ю. Гидротехнические мелиорации и повышение эффективности технических средств при орошении в Краснодарском крае. Лабораторная установка для исследования гидравлических характеристик трубопроводов и водовыпусков / П. Ю. Шугай // Материалы научной конференции. – Краснодар : КубГАУ, 2003. – С. 38–39.