

ПУСКОВОЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ СУРОВОГО КЛИМАТА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Павлова В.И.

научный руководитель: канд.техн. наук, доцент Карпов В.И.

Сибирский Федеральный университет

(Инженерно - строительный институт)

Специальность "Теплогазоснабжение и вентиляция"

Актуальность. Республика Саха-Якутия расположена на Востоке Сибирской платформы и характеризуется суровыми климатическими условиями (большая часть территории находится в зоне многолетнемерзлых грунтов, температура наружного воздуха в районе Верхоянска и Оймякона в зимнее время опускается до -70°C). В то же время на территории Республики расположено много горнодобывающих предприятий по разработке залежей алмазов, золота, газа. Эксплуатация различного оборудования подобных предприятий значительно осложнена в зимнее время в силу экстремальных значений ряда показателей климата. Наиболее этому подвержены инженерные сети водоотводящих систем, принадлежащим гражданским и промышленным объектам. При этом сети водоотведения зачастую работают в периодическом режиме с переменным расходом жидкости, вплоть до полного обнуления расхода.

Возможность переохлаждения транспортируемой жидкости и ее замерзание представляют те причины, которые значительно осложняют прокладку инженерных коммуникаций в среде с отрицательной температурой. При этом наиболее опасным является пусковой режим работы самотечных сетей, что связано с интенсивным теплообменом первых порций сточной жидкости со стенками труб, охлажденных до температуры окружающего мерзлого грунта.

Для обеспечения бесперебойной и надежной работы мелкоуложенных трубопроводов в пусковой период необходимо не только знать характер нестационарного теплообмена между потоком и стенками труб, но и прогнозировать изменение температуры первой порции жидкости по длине рассматриваемого участка, а также производить теплогидравлическое регулирование потока, обеспечивающее наличие положительной температуры жидкости на заданной длине сети. В соответствии с этими условиями были проведены исследования пускового режима работы водоотводящих сетей, прокладываемых в слое сезонного промерзания грунта.

Предварительное теоретическое исследование указанной проблемы позволяет отметить следующие результаты:

1. Дана классификация нестационарных тепловых режимов работы трубопроводов, позволяющая производить расчет и выбор определенных инженерных мероприятий для пускового режима водоотводящей сети. Получены критерии оценки времени действия каждого режима.

2. найдены аналитические зависимости нестационарных конвективных коэффициентов теплообмена между головным участком водного потока и стенками труб. Установлено, что нестационарные коэффициенты, во-первых, намного меньше своих стационарных значений, во-вторых, существенно зависят от теплофизических характеристик твердой поверхности.

3. изучено влияние на теплообмен процесса ледообразования в зоне контакта жидкости со стенкой трубы. Получена зависимость для расчета удельной мощности

поверхностного источника скрытого тепла. Показано, что в металлических трубопроводах теплота фазового перехода не играет существенной роли в уменьшении пусковых потерь тепла.

4. Определены коэффициенты нестационарного теплообмена между водной поверхностью и воздушной прослойкой в безнапорном трубопроводе. Проведен анализ таких составляющих поверхностного теплового потока как излучение, молекулярная теплопроводность воздуха, скрытая теплота испарения диффундирующих молекул воды.

5. На основе решения дифференциального уравнения энергии неизолированного потока жидкости, протекающей по трубопроводу с переменной глубиной заложения, предложены инженерные методы расчета изменения температуры сточной жидкости по длине сети с учетом заданного гидравлического уклона и изменяющейся температуры грунта по ходу движения стоков:

$$\theta_b = \left\{ + \frac{p \cdot e^{-h_0 a}}{\eta^2 + m^2} [m \cdot e^{-\eta x} \cdot \sin(mx - \mu) - \eta e^{-\eta x} \cos(mx - \mu) + (\eta \cos + m \sin \mu)] \right\} e^{-Bx},$$

где $\theta_b = \theta_{нач} = t_{нач} - t_{ср}^2$,

$$a = \sqrt{\frac{\pi}{a^* \cdot T}}; \quad \eta = ia - B; \quad \mu = 2\pi \frac{\tau}{T} - (h_0 + ix) \sqrt{\frac{\pi}{T}}; \quad m = i \sqrt{\frac{\pi}{a^* \cdot T}};$$

$$B = \frac{\alpha_b \cdot \varphi_0 \cdot R}{c \cdot G}; \quad p = \frac{\alpha_b \cdot \varphi_0 \cdot R \cdot A}{c \cdot G};$$

где i - гидравлический уклон;

a^* - эффективный коэффициент температуропроводности грунта с учетом фазовых переходов в деятельном слое;

φ_0 - угол смоченного периметра;

R - внутренний радиус трубы;

α_b - нестационарный коэффициент теплообмена;

c, G - соответственно теплоемкость и расход теплоносителя;

h_0 - начальная глубина заложения трубопровода;

x - текущая координата;

$t_{нач}$ - начальная температура потока;

$t_{ср}^2$ - среднегодовая температура поверхности грунта

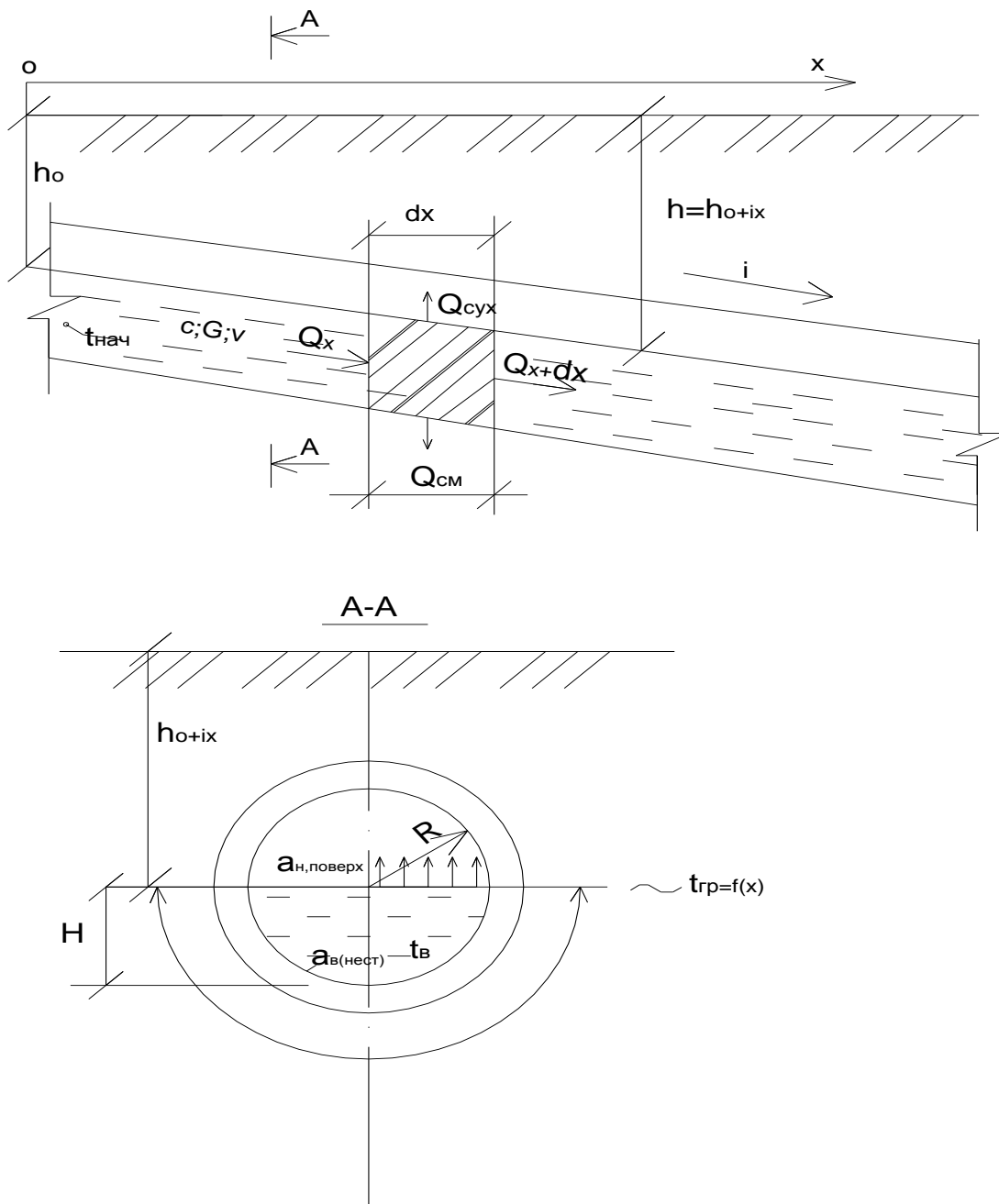


Рисунок 1 - Расчетная схема определения температуры водного потока по длине самотечной сети

$a_{в, нест}$ - нестационарный внутренний коэффициент теплообмена

$a_{н, поверх}$ - нестационарный внешний коэффициент теплообмена

c, G, v - соответственно теплоемкость, расход, скорость потока

С целью облегчения теплогидравлических расчетов зимнего пускового режима сети составлены расчетные таблицы, графики и программы для ЭВМ. При использовании основных положений разработанных рекомендаций можно значительно уменьшить глубину заложения подземных трубопроводов (на начальных участках трассы до 0,5-0,7 м до верха трубы), что дает существенный экономический эффект.