**Методика расчета параметров движущегося влажного пара в паропроводе тепловой сети (версия методики №2 для расчетного комплекса версии 3.03).**

**Автор статьи:** Начальник отдела по разработке

программного обеспечения в области

энергетики ООО «ЭНЕРГОСОЮЗ», Мещеряков А.Ю.

**Редактор статьи:** Генеральный директор

ООО «ЭНЕРГОСОЮЗ», Самуйлова Т.Р.

Приказ Минэнерго РФ №325 от 30.12.08 г, содержит методику определения температуры и давления пара на участке паропровода. Определение температуры и давления пара необходимо для расчета нормативных потерь тепловой энергии с поверхности изоляции (зависящих от температуры пара) и потерь тепловой энергии с утечкой теплоносителя (зависящих от давления пара, в свою очередь, определяющихся его давлением и температурой). Методика определения температуры и давления пара на участке паропровода, изложенная в приказе Минэнерго РФ №325 от 30.12.08 г. содержит в себе следующий недостаток – она не учитывает специфику движения влажного пара в трубопроводе. Движение влажного пара – это сложный термодинамический процесс, при котором происходит потеря тепловой энергии через тепловую изоляцию и гидравлическая потеря давления пара, обусловленная гидравлическим трением и местными сопротивлениями на участке. Расчет данного процесса также осложняется тем, что влажный пар представляет собой смесь насыщенного водяного пара и равномерно распределенного по сечению трубопровода жидкой фазы – конденсата, взвешенного в потоке пара (при горизонтальной ориентации паропровода при высоких тепловых потерях через тепловую изоляцию также образуются отдельные потоки конденсата, протекающие внизу сечения трубопровода, со скоростью, отличной от скорости движения потока влажного пара).

Методика расчета движения влажного пара, используемая в расчетном комплексе «Норматив-теплосеть», сводится к пошаговому расчетy, при котором участок паропровода разбивается на промежутки, на конце каждого промежутка рассчитываются определяющие показатели влажного пара (давление и энтальпия пара), которые, в свою очередь являются начальными условиями на следующем расчетном промежутке. Расчет определяющих показателей производится в соответствии со следующими уравнениями и формулами:

1) уравнения теплопередачи от влажного пара к окружающей среде и уравнения теплового баланса промежутка паропровода;

2) потери напора движущегося пара, в соответствии с формулой Дарси-Вейсбаха.

На рис. 1. в координатах (h,L), где h – энтальпия пара, L – дистанция от начала участка до расчетного промежутка, продемонстрирован принцип расчета потерь энтальпии на участке:



Рис. 1. Принцип расчета потерь энтальпии на участке.

ХОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НА КАЖДОМ УЧАСТКЕ

1. Заданы начальные условия пара на промежутке:  ,ата, , ккал/кг,, °C.
2. Принимается средняя температура пара на участке,  предварительно равная .
3. Определяется коэффициент термодинамического сопротивления теплопередаче на промежутке, :

, ккал/( ч\*м2\*°С),

где , ккал/(ч\*м\*°С) – теплопроводность тепловой изоляции паропровода,

, м – наружный диаметр паропровода,

, м – толщина тепловой изоляции,

,, ккал/(ч\*м2\*°С) – коэффициенты теплоотдачи от наружной поверхности тепловой изоляции паропровода и от теплоносителя к внутренней стенке паропровода, соответственно,

, м – внутренний диаметр трубопровода.

1. С помощью уравнения теплового баланса промежутка паропровода и уравнения теплопередачи, определяется энтальпия пара в конце расчетного промежутка:

, ккал/час,

, ккал/час,

отсюда

, ккал/кг,

где , ккал/ч – часовые потери тепла через тепловую изоляцию с расчетного промежутка,

, м – протяженность расчетного промежутка,

, °С – температура окружающей среды,

, т/ч – расчетный расход пара.

1. Определяется средняя энтальпия и давление пара на расчетном промежутке:

; .

1. Определяется критерий Re (при  и ):

,

где V, м/c – расчетная скорость пара,

, м2/с – кинематическая вязкость пара.

1. Определяется коэффициент гидродинамического сопротивления по формуле А.Д. Альтшуля, :

,

где , мм – эквивалентная шероховатость внутренней поверхности трубопровода.

1. Из уравнения Дарси-Вейсбаха определяется давление пара в конце расчетного промежутка:

, ата

отсюда,

, ата,

где - Коэффициент местных потерь давления i-го участка определяется по формуле 20 Приказа №325 Минэнерго РФ от 30.12.08 г.

, кг/м3 – плотность пара (при  и ).

1. В соответствии со свойствами пара определяется температура , °С.
2. Итерационно пересчитываются  и до выполнения условий

; .

1. После выполнения п. 10, расчет параметров в конце расчетного участка считается оконченным, расчет переходит к последующему промежутку и алгоритм повторяется.