

МЕТОД РАСЧЕТА МЕМБРАННОГО РАСШИРИТЕЛЬНОГО БАКА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗА

Петраш В.Д. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г.Одесса)

Изложен метод расчета объема расширительного бака на основе закона сохранения энергии газа с анализом ее общего изменения и распределения по отдельным составляющим. Установлено, что учет действительной температуры газа позволяет достичь снижения расчетного объема бака в пределах 22 - 32 %.

В настоящее время расширяется сфера применения мембранных напорных баков, которые служат для компенсации расширяющейся части воды и статического давления при изменении температуры теплоносителя в системе водяного отопления. Вместе с тем при наличии обширной информации и указаний по подбору баков, отсутствует обоснованная методика определения их объема, а изложенные принципы подбора не учитывают совместного влияния температуры и гидростатического давления теплоносителя, степени нагрева демпфирующего газа и др.

Для решения поставленной задачи рассмотрим аналогично [1, 2] два характерных состояния газа в баке с деформируемой мембраной, рис. 1.

На рис. 1, б схематично представлено начальное состояние газа в расширительном баке с прилегающей мембраной к той его половине, которая при нагреве теплоносителя в системе отопления будет заполняться водой, сжимая газ.

На рис. 1, в схематично иллюстрируется состояние бака с газовым и водным компонентами в расчетном режиме работы отопительной системы при достижении максимальной температуры, T_k , теплоносителя. В результате этого объем водного пространства бака увеличится на V_b , определяемый согласно [1, 2], соответственно возрастет и статическое давление до предельного значения, ΔP_{max} .

Очевидно, что в зависимости от схемы и места подключения расширительного бака к магистралям системы отопления, а также теплотехнических характеристик и свойств мембраны и стенки бака,

температура газа может приближаться до соответствующей температуры теплоносителя в отопительном контуре. При этом переменное значение избыточного давления в закрытом расширительном баке, определяющее его объем, ограничивается допустимым диапазоном изменения рабочего давления в системе отопления.

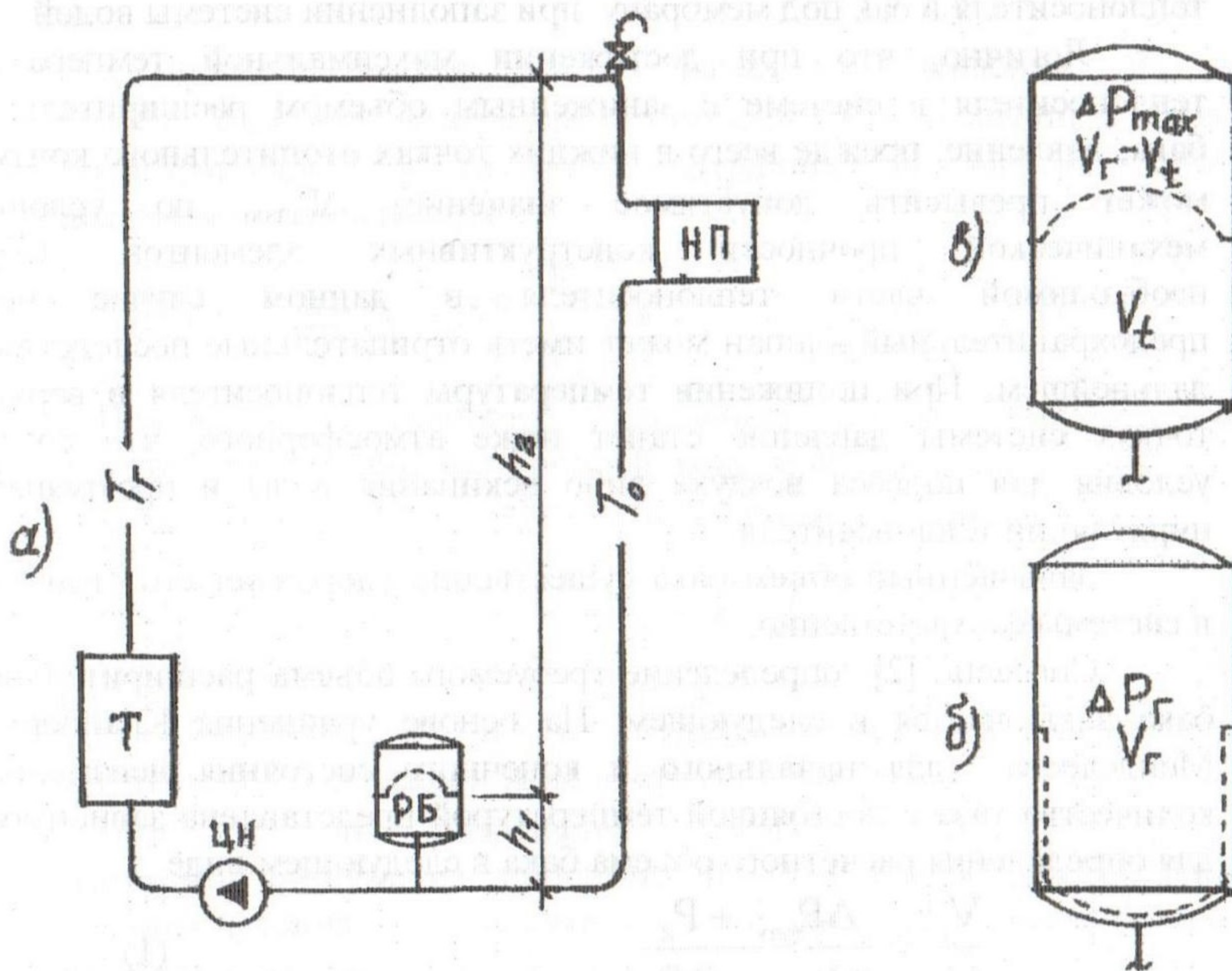


Рис. 1 Принципиальная схема установки расширительного бака в системе отопления (а) и режимов его работы (б, в).

Условные обозначения: Т - теплогенератор; НП - нагревательный прибор; РБ - мембранный расширительный бак; ЦН - циркуляционный насос; $T_г$ и $T_о$ - температура горячей и охлажденной воды.

Максимальное давление, ΔP_{max} , воды в расширительном баке определяется допустимой механической прочностью структурных элементов, находящихся, прежде всего, в низшей части системы отопления. Его значение уменьшается на сумму давлений насоса, ΔP_n , (при устройстве его после расширительного бака) и гидростатического давления, P_1 , определяемого вертикальным расстоянием от уровня воды в баке до низшей точки отопительного контура.

Минимальное давление, ΔP_r , воды в баке определяется гидростатическим давлением, P_2 , на уровне его установки с некоторым запасом для создания избыточного давления. При размещении бака в верхней части системы отопления запас давления предотвращает подсос воздуха либо вскипание воды. При устройстве его в нижней части отопительного контура запас исключает поступление теплоносителя в бак под мембрану при заполнении системы водой.

Логично, что при достижении максимальной температуры теплоносителя в системе с заниженным объемом расширительного бака, давление, прежде всего в нижних точках отопительного контура, может превысить допустимое значение, ΔP_{max} , по условиям механической прочности конструктивных элементов. Сброс необходимой части теплоносителя в данном случае через предохранительный клапан может иметь отрицательные последствия в дальнейшем. При понижении температуры теплоносителя в верхних точках системы давление станет ниже атмосферного, что создаст условия для подсоса воздуха либо вскипания воды и прекращения циркуляции теплоносителя.

Завышенный объем бака существенно удорожает его стоимость и системы соответственно.

Согласно [2] определение требуемого объема расширительного бака заключается в следующем. На основе уравнения Клайперона-Менделеева для начального и конечного состояния неизменного количества газа с постоянной температурой представлена зависимость для определения расчетного объема бака в следующем виде

$$\frac{V_r}{V_t} = \frac{\Delta P_{max} + P_a}{\Delta P_{max} + \Delta P_r} \quad (1)$$

Отметим, что правомочность применения указанного уравнения, базирующегося на замкнутом цикле термодинамических процессов преобразования тепловой и механической энергии в системе расширительного бака с внешним тепловым и механическим воздействием на газ через диафрагму со стороны системы отопления, остается открытой. Ниже представлено решение рассматриваемой задачи определения объема расширительного бака на основе закона сохранения энергии с анализом её общего изменения и распределения по отдельным составляющим.

Процесс перехода газа из одного состояния в другое связан, как с энергией сжатия, $\Delta(PV)$, газовой среды под воздействием расширяющейся воды через мембрану, так и с изменением его теплового состояния, ΔQ , при сопутствующем нагреве.

Общее изменение потенциальной энергии, ΔU , газа определяется соответствующей разностью энергий его конечного и начального состояний и может быть представлено, с учетом изменения температуры газовой среды, в следующем виде

$$\Delta U = (\Delta P_{\max} + P_a)(V_r - V_t) - \left(\Delta P_r \frac{T_k}{T_n} + P_a\right)V_r \quad (2)$$

В процессе сжатия газа от начального давления, ΔP_r , до расчетного, ΔP_{\max} , при изменении его объема на равнозначный объем, V_t , расширяющейся части воды, затрачивается энергия $\Delta(PV)$, определяемая по зависимости

$$\Delta(PV) = \left(\Delta P_{\max} - \Delta P_r \frac{T_k}{T_n}\right)V_t \quad (3)$$

Изменение теплового состояния газа определяется соответствующей разностью уровней конечной, T_k , и начальной, T_n , температуры газа, которое может быть представлено в виде

$$\Delta Q = \rho_{p,k} c_{p,k} T_k (V_r - V_t) - \rho_{p,n} c_{p,n} T_n V_r \quad (4)$$

где индексы "к" и "н" отражают значение параметров соответственно в конечном и начальном состоянии газа.

При условии сохранения энергии, $\Delta U = \Delta(PV) + \Delta Q$, в анализируемой системе из зависимостей (2)-(4) следует соотношение для определения относительного объема мембранного расширительного бака, в следующем виде

$$\frac{V_r}{V_t} = \frac{2\Delta P_{\max} - \Delta P_r \frac{T_k}{T_n} + P_a - \rho_{p,k} c_{p,k} T_k}{\Delta P_{\max} + \Delta P_r \frac{T_k}{T_n} - \rho_{p,k} c_{p,k} T_k + \rho_{p,n} c_{p,n} T_n} \quad (5)$$

Результаты сопоставительного расчета объема расширительного бака по зависимостям (1) и (5) иллюстрируются графиками, представленными на рис. 2.

Для примера принято давление $\Delta P_{\max} = (2 \div 6)$ бар при соответствующем значении $\Delta P_r = (1 \div 5)$ бар. Значение плотности ρ и теплоемкости c газа определялись на основе [3] для выше указанных давлений и температур в диапазоне $T = (283 \div 363)$ К.

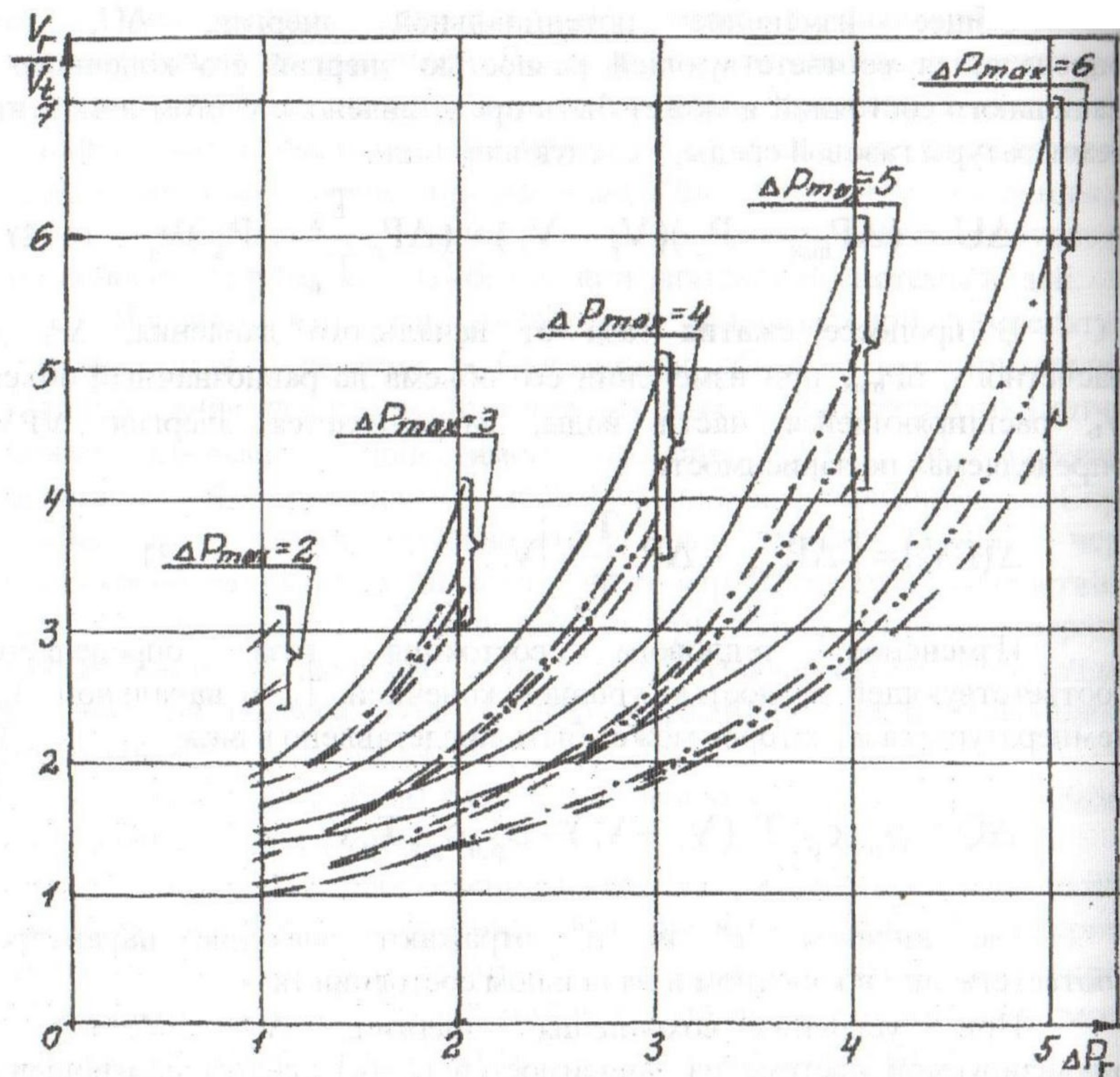


Рис.2. Зависимость расчетного объема мембранного расширительного бака от располагаемого уровня избыточных давлений и действительной температуры газа. Условные обозначения:

- по зависимости (1) на основе [2];
- по зависимости (5) при $T=303$ К;
- по зависимости (5) при $T=333$ К;
- по зависимости (5) при $T=363$ К.

Из приведенных графиков следует, что в системе отопления со стандартной механической прочностью структурных элементов (5÷6) бар обеспечивается существенное снижение рабочего объема расширительного бака. На этой основе учет температуры газа, T_k , в расширительном баке при располагаемом уровне избыточных давлений, ΔP_r и ΔP_{max} , указывает на целесообразность его

подключения к подающей магистрали системы отопления, что согласуется с данными [1] зарубежной практики.

Выводы

1. Учет температуры газа является существенным фактором в определении расчетного объема и снижения стоимости мембранного расширительного бака.

2. Для систем отопления малоэтажных зданий, характеризующихся незначительным уровнем статических давлений со стандартной прочностью элементов (5÷6) бар, учет действительной температуры газа позволяет достичь снижения расчетного объема бака в пределах 22 %.

3. Для многоэтажных зданий современного строительства объем бака, в зависимости от действительной температуры газа и располагаемого уровня давлений в системе отопления со стандартной прочностью её элементов, объем бака может быть сокращен в пределах 32%.

4. Результаты работы косвенно подтверждают необходимость совершенствования конструкции бака и схемы подключения его к магистралям системы, а также технико-экономического обоснования места установки бака.

Література:

1. Сканава А.Н., Махов Л.М. Отопление М, АСВ, 2002 г., с.575.
2. Пирков В.В. Особенности современных систем водяного отопления. К, «Такі справи», 2003 г., с.176.
3. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. Изд-во физ-мат. литературы, 1963, М., с.241.