

Анализ схем ИТП с зависимо подключенными системами отопления

**Волов Г. Я., к.т.н.,
ОДО «Энергогент»**

Для тех, кто проектирует, настраивает и использует автоматизированные ИТП, а значит для всех жителей СНГ и не только.

В настоящее время существует целый ряд схем автоматизированных ИТП (индивидуальных тепловых пунктов) с зависимым подключением систем отопления к наружным тепловым сетям. При всем многообразии выбора проектировщик выбор все-таки должен совершить. Я попытался найти в отечественной литературе указания, которые однозначно дали бы ответ, какую схему и где надо применять и не нашел таких рекомендаций. В свое время я анализировал поведение потребителя при различных схемах ИТП, а сейчас решил заняться и гидравликой самих ИТП. В этом мне, как раньше, помогает программа МОДЭН, но уже версии 3.0.

Рассмотрим четыре схемы ИТП, наиболее широко используемые, хотя бы в Минске (рис. 1). Заранее извиняюсь за рисунки, они выполнены специально для МОДЭНА и отсюда скопированы.

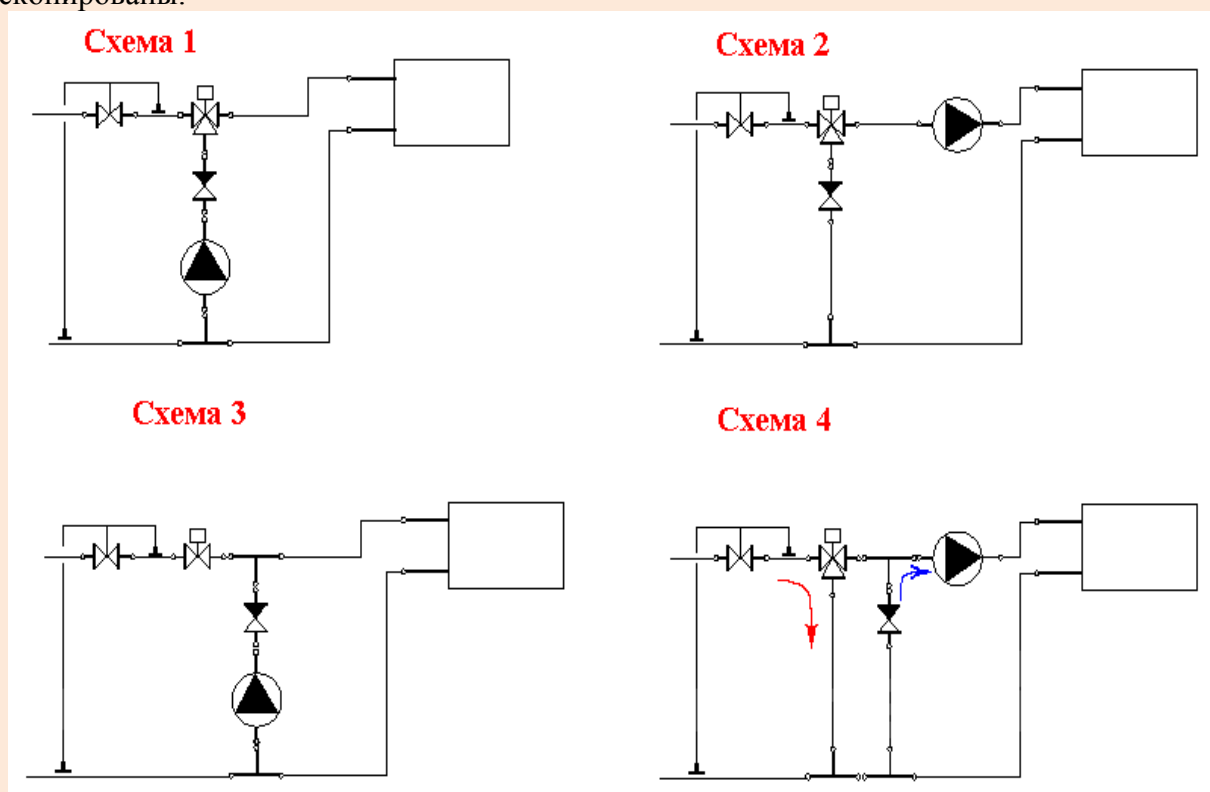


Рис. 1. Схемы зависимо подключенных систем отопления к тепловым сетям

Схема 1. Трехходовой смесительный клапан и насос на перемычке.

Схема 2. Трехходовой смесительный клапан и насос на подающей (обратной линии).

Схема 3. Двухходовой клапан и насос на перемычке.

Схема 4. Трехходовой разделительный клапан, насос на подающей (обратной) линии и гидравлическая стрелка (развязка).

Сразу ограничу себе задачу - система отопления однотрубная. Какую в этом случае схему выбрать? Какие преимущества и недостатки каждой? Для этого начнем с критериев, по которым мы будем оценивать качество схем. Я оцениваю качество схем по следующим критериям:

Критерий 1. Постоянство расхода воды во внутреннем контуре отопления.

Критерий 2. Диапазон регулирования температуры воды, поступающей в контур отопления (коэффициент смешения).

Почему так важен критерий 1? Дело в том, что нормальной работы однотрубной системы отопления расход воды в контуре отопления должен быть величиной постоянной (для двухтрубной системы это не так). И степень отклонения от этого расхода и может характеризовать качество схемы ИТП. Об этом критерии часто забывают, выбирая ту или иную схему ИТП.

Для понимания критерия 2 введем понятие «узел смешения». Узлами смешения в схемах 1 и 2 является трехходовой клапан, а в схемах 3 и 4 тройники на подачи. В узлах смешения каждой из схем происходит приготовления воды (Т12) далее идущей в систему отопления. В узлах смешивается вода наружной тепловой сети (Т11) и обратной воды из системы отопления (Т22). Температура линии Т12 всегда находится между температурами Т11 и Т22. Для оценки положения Т12 используем известный параметр – коэффициент смешения – Ксм:

$$K_{см} = (T_{11} - T_{12}) / (T_{12} - T_{22}) \quad (1)$$

$$\text{или } K_{см} = G_3 / G_{11} \quad (2)$$

Диапазон изменения Ксм от 0 (Т11=Т12) до бесконечности (Т12=Т22).

Теперь введем исходные данные, которые могут характеризовать наружную сеть и потребителя, т.е. помещение, в котором расположена система отопления.

Наружная теплосеть характеризуется следующими параметрами:

Параметр 1ТС. Располагаемый перепад давления на вводе.

Параметр 2ТС. График изменения температуры воды в подающей магистрали.

Помещение, с точки зрения системы отопления, может характеризоваться следующими параметрами:

Параметр 1О. График нормируемой температуры внутреннего воздуха в помещении.

Параметр 2О. Наличие внутренних тепловыделений (теплопотерь) влияющих на работу системы отопления.

Какие могут быть варианты (ситуации) со значением этих параметров приведено в таблице 1.

Таблица 1.

1	Параметр	Ситуация 1	Ситуация 2	Ситуация 3
1	Параметр 1ТС	Перепад давления ниже гидравлического сопротивления ИТП и системы отопления	Перепад давления равен (приблизительно) гидравлического сопротивления ИТП и системы отопления	Перепад давления выше гидравлического сопротивления ИТП и системы отопления

1	Параметр	Ситуация 1	Ситуация 2	Ситуация 3
2	Параметр 2ТС	Соответствует графику ЦКР во всем диапазоне изменения наружной температуры	График имеет срезки (зимнюю и летнюю)	График пониженный относительно расчетного графика ЦКР
3	Параметр 10	Нормируемая температура внутреннего воздуха постоянна, т.е. не зависит от времени суток	Нормируемая температура зависит от времени суток	
4	Параметр 20	Внутренние теплоступления (теплопотери) отсутствуют (незначительны) и температура в помещении определяется теплопотерями через ограждения и работой системы отопления.	Внутренние теплоступления (теплопотери) значительны и участвуют в формировании температуры в помещении наряду с теплопотерями через ограждения и работой системы отопления.	

Сразу отметим, что по параметру 1ТС не все схемы применимы, а иногда требуют и регулятора перепада. Если схема не применима, то в этом диапазоне мы ее и не будем использовать, а регулятор перепада будет установлен, если это специально не оговорено.

Для анализа работы каждой схемы были проведены, так называемые, компьютерные (вычислительные) эксперименты в рамках программы МОДЭН. Компьютерные эксперименты позволяют варьировать значения тех или иных независимых переменных и наблюдать за откликом всей системы. Выберем эти такие независимые переменные.

Эксперимент 1. Для того чтобы оценить необходимость регулятора перепада проварьировем наружный перепад для ИТП без регуляторов и оценим влияние на коэффициент смешения.

Исходные данные:

Схема 1,

$P_2 = 100000$ Па (1 атм),

Шаг варьирования 10000 Па (0,1 атм),

$P_1 = 11000 \dots 410000$ (1,1 ... 4,1 атм),

$N = 0,5$ – клапан открыт на половину.

На рисунке 1 представлены результаты такого эксперимента. Обратим внимание на то, что при некотором давлении перед трехходовым клапаном ($P_{кр}$), значение $K_{см}$ становится равным нулю, т.е. подмес прекращается (G_3 равно нулю в формуле (2)). Если давление перед клапаном больше $P_{кр}$, то подмешивания не происходит. Клапан становится «запертым» на подмес. В данном случае такое явление произошло при давлении в подаче $P_1 = 245000$ Па (2,45 атм).

Такое явление нередко можно наблюдать в действительности при больших давлениях перед клапаном. Чтобы избежать такого явления перед клапаном необходимо установить

регулятор перепада. В дальнейших экспериментах мы предполагаем, что клапан перепада установлен и он поддерживает перепад после себя равным

$$P1-P = 50000 \text{ Па. (0,5 атм).}$$

Эксперимент 2. Для того чтобы оценить расход в местном контуре отопления и коэффициент смешения от положения клапана проварьировуем положение клапана N от 0 до 1. $N=0\dots1$ – число характеризующее положение клапана, $N=0$ – клапан закрыт на проход теплоносителя наружной теплосети (трехходовой смесительный и двухходовой или на проход во внутреннюю сеть для трехходового разветвительного клапана), $N=1$ – клапан (трехходовой смесительный и двухходовой) полностью открыт на проход теплоносителя наружной теплосети (или трехходовой разветвительный клапан полностью открыт на проход во внутреннюю сеть).

Исходные данные:

Схемы 1...4,

$$dP=P1-P2=50000 \text{ Па (0,5 атм),}$$

Шаг варьирования N – 0,1 (от 0,1 до 1).

Результаты эксперимента представлены на рисунках 3...9. Многочисленность рисунков вызвана тем, что они взяты непосредственно с окон программы МОДЭН, где они представляются (надеюсь только пока) в не совмещенном виде. На рисунках 3...6 представлены зависимости $G12=F(N)$. По ним мы можем определить отклонение текущего расхода в местной системе отопления от среднего значения (критерия 1). Результаты сводим в таблицу 2. Как видно из таблицы минимальное отклонение расхода от среднего наблюдается для схемы 1.

Таблица 2

Но-мер схемы	Сред-ний расход $G12$, кг/с	Макси- мальное откло- нения от среднего расхода, кг/с	% от- кло- нения от средне- го рас- хода	Оценка крите- рия 1	Мини- мальные значения $K_{см}$	Оценка крите- рия 1	Суммар- ный бал
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,607	0,041	6,8	5	0	5	10
2	0,675	0,112	16,6	4	0	4	8
3	0,608	0,092	15,1	4	0,53	3	7
4	0,64	0,145	22,7	3	0	4	7

На рисунках 7...10 представлена зависимость $K_{см}=F(N)$ для схем 1..4. В той же таблице 2 приведены минимальные значения коэффициента смешения (максимальные значения $K_{см}$ для схем 1..4 стремятся в бесконечность). Значение $K_{см}=0$ говорит о том, что (см. формулы (1)-(2)) подмешивания не происходит, а в местную систему отопления поступает теплоноситель напрямую из наружной теплосети. Для схемы 3 минимальное значение $K_{см}$ составляет 0,53. Проанализируем это на примере.

Пусть график наружной теплосети 130/70 °С, а внутренней 105/70 °С, тогда

$$K_{см}=(130-105)/(105-70)=0,71.$$

Такой график схема 3 может обеспечить, а если график наружной 120/70 °С, то

$$K_{см}=(120-105)/(105-70)=0,43.$$

В этом случае значение $K_{см}$ меньше минимального, т.е. такой график обеспечен быть не может.

Отметим, что значение $K_{см}=0$ достигается в схемах 2 и 4 не при полном закрытии клапана, а при $N=0,5$. Происходит «запирание» клапана, но уже его порта связанного с наружной теплосетью.

В столбцах 5 и 7 таблицы 2, исходя из вышесказанного, выставлены экспертные оценки (по 5-и бальной шкале) исходя из значения критериев 1 и 2. Суммарный балл приведен в столбце 8.

Вывод

1. В системах теплоснабжения с центральным качественным регулированием и однотрубной системой отопления наиболее предпочтительным (исходя из выполнения критериев 1 и 2) является применение схемы 1.

2. Схему 2 рекомендуется применять при недостатке располагаемого давления на вводе.

3. Схему 4 рекомендуется применять в системах, в которых требуется постоянство расхода циркулирующей воды не только в местном, но и наружном контурах, например с местными котельными.

4. Схема 3 уступает всем остальным схемам. Диапазонам ее применения могут быть иные системы отопления и теплоснабжения, но не те, которые рассматривались в предлагаемой статье.

Условные обозначения

G_{11} -расход воды в подающей магистрали теплосети, кг/с,

G_{12} -расход воды в местной системе отопления, кг/с,

G_3 -расход воды подмешиваемой в смесительном устройстве (трехходовом клапане, тройнике), кг/с,

$K_{см}$ - коэффициент смешения,

$N=0 \dots 1$ – число характеризующее положение клапана, $N=0$ – клапан закрыт на проход теплоносителя наружной теплосети (трехходовой смесительный и двухходовой или на проход во внутреннюю сеть для трехходового разветвительного клапана), $N=1$ – клапан (трехходовой смесительный и двухходовой) полностью открыт на проход теплоносителя наружной теплосети (или трехходовой разветвительный полностью открыт на проход во внутреннюю сеть),

P_1 -давление в подающей магистрали теплосети перед трехходовым (двухходовым) клапаном, Па,

P_2 -давление в обратной магистрали теплосети, Па,

T_{11} -температура воды в подающей магистрали теплосети, °С,

T_{12} -температура воды в подающей магистрали системы отопления, °С,

T_{21} -температура воды в обратной магистрали теплосети, °С,

T_{22} - температура воды в обратной магистрали системы отопления, °С,

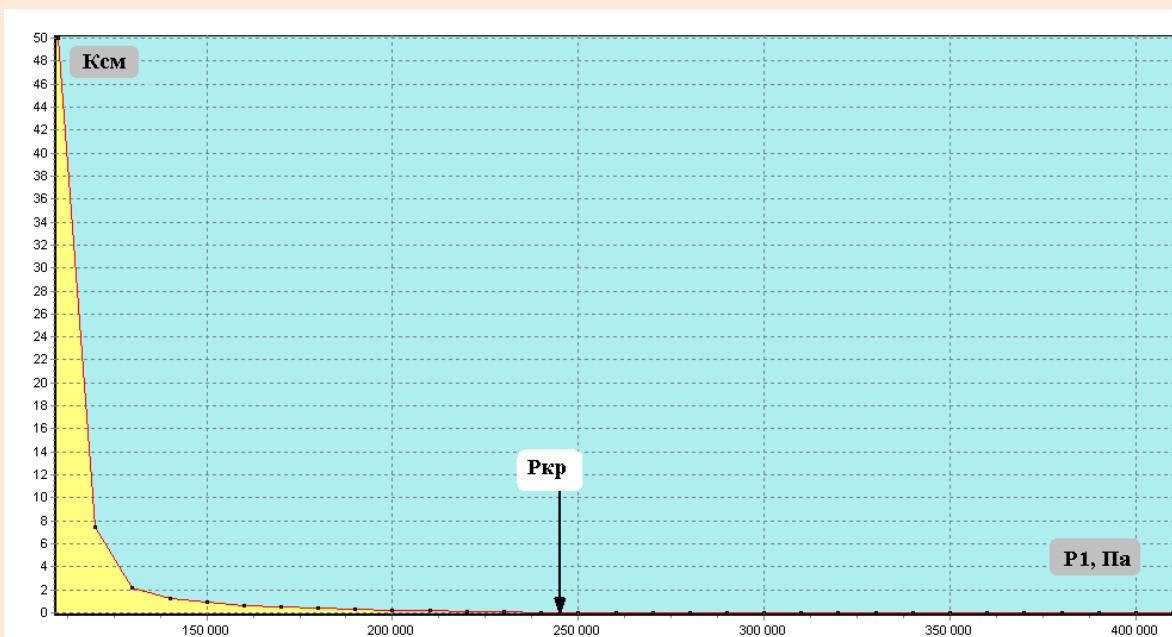


Рис. 2. График значений K_{cm} для схемы 1 в зависимости от давления перед клапаном ($P_2=100000$ Па, $N=0,5$)

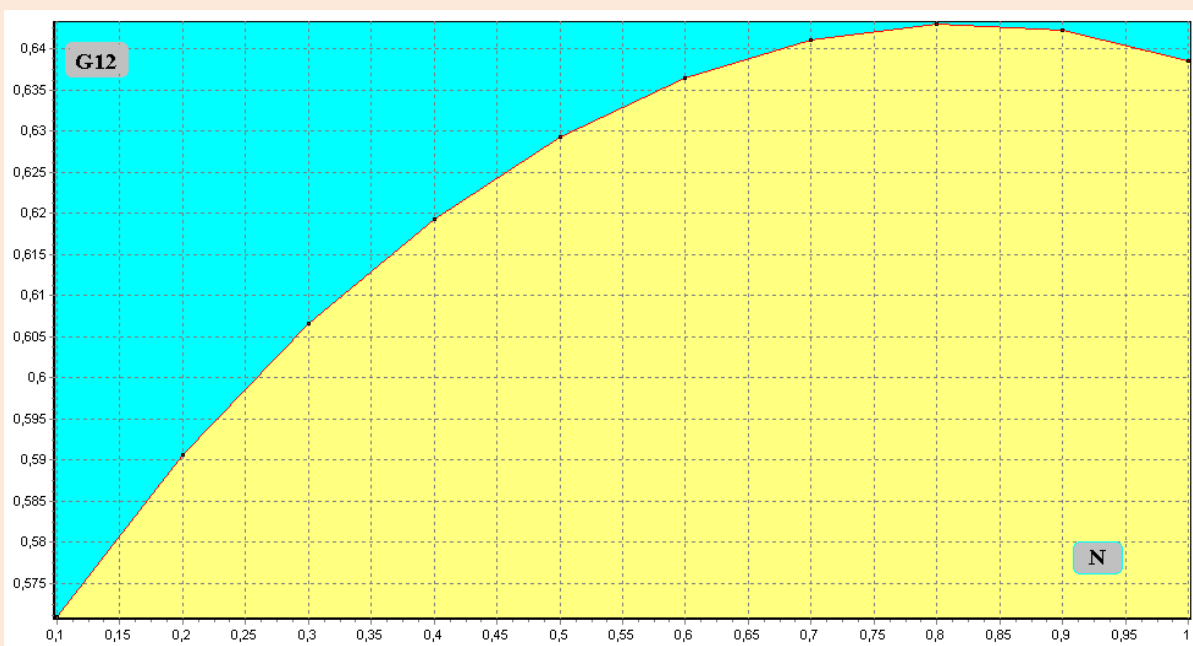


Рис. 3. График значений G_{12} для схемы 1 в зависимости от положения клапана N

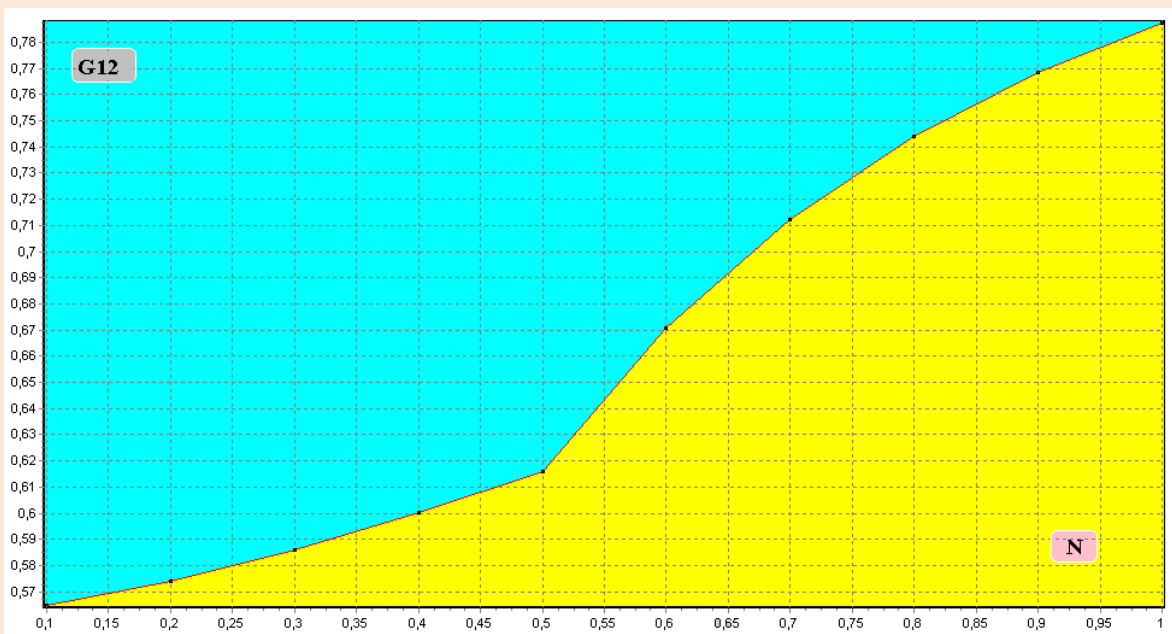


Рис. 4. График значений G_{12} для схемы 2 в зависимости от положения клапана N

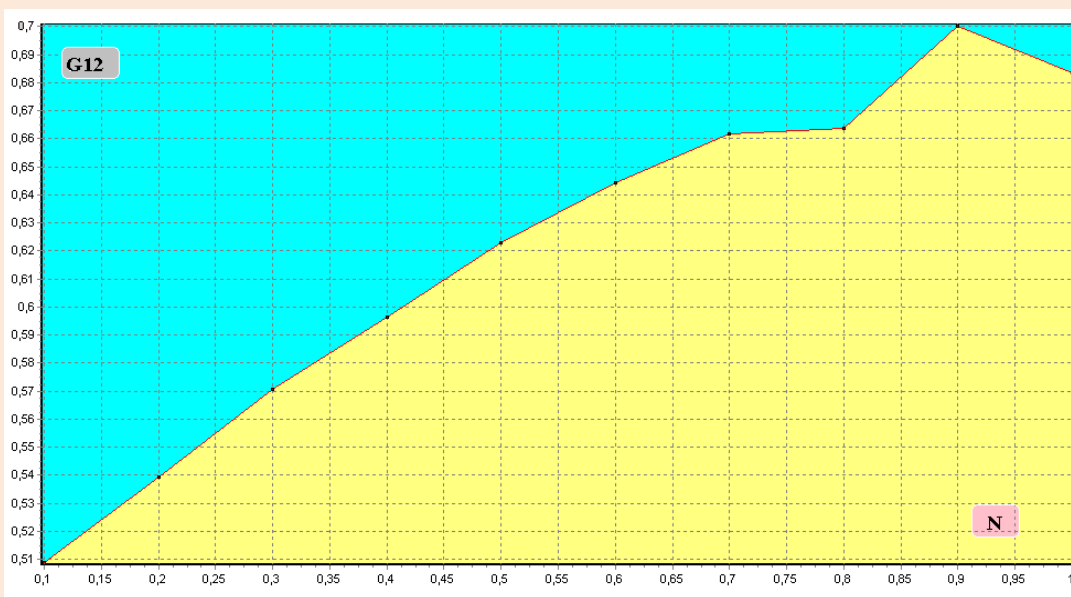


Рис. 5. График значений G_{12} для схемы 3 в зависимости от положения клапана

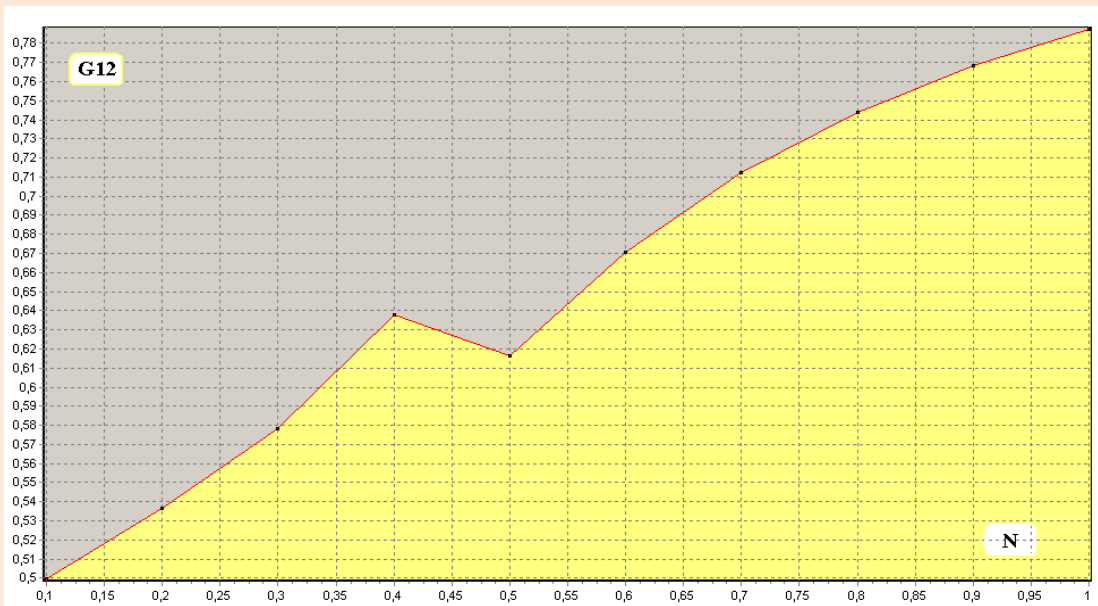


Рис. 6. График значений G_{12} для схемы 4 в зависимости от положения клапана N

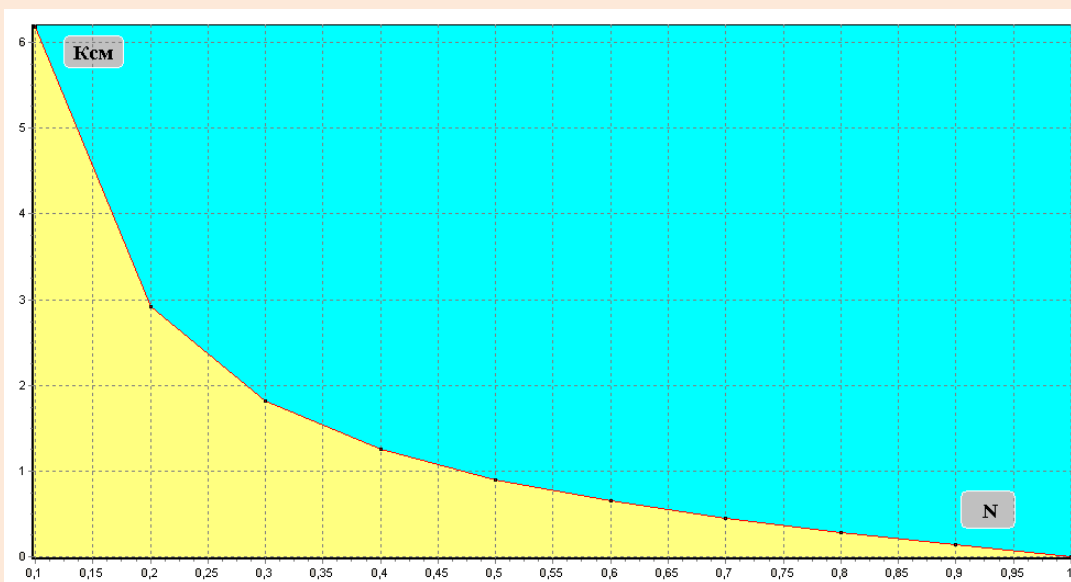


Рис. 7. График значений $K_{см}$ для схемы 1 в зависимости от положения клапана N

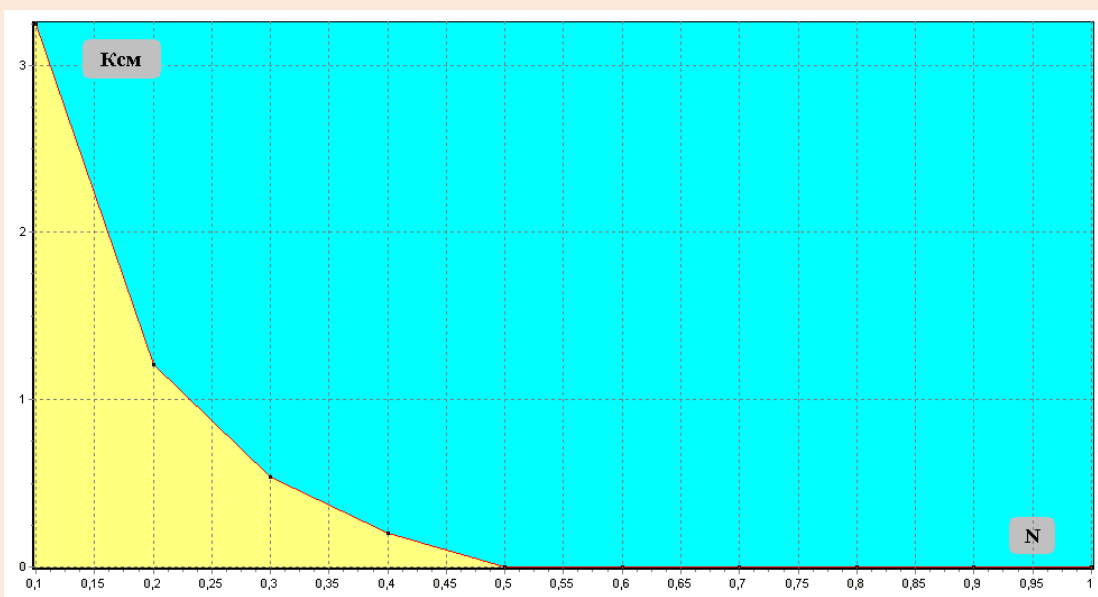


Рис. 8. График значений $K_{см}$ для схемы 2 в зависимости от положения клапана N

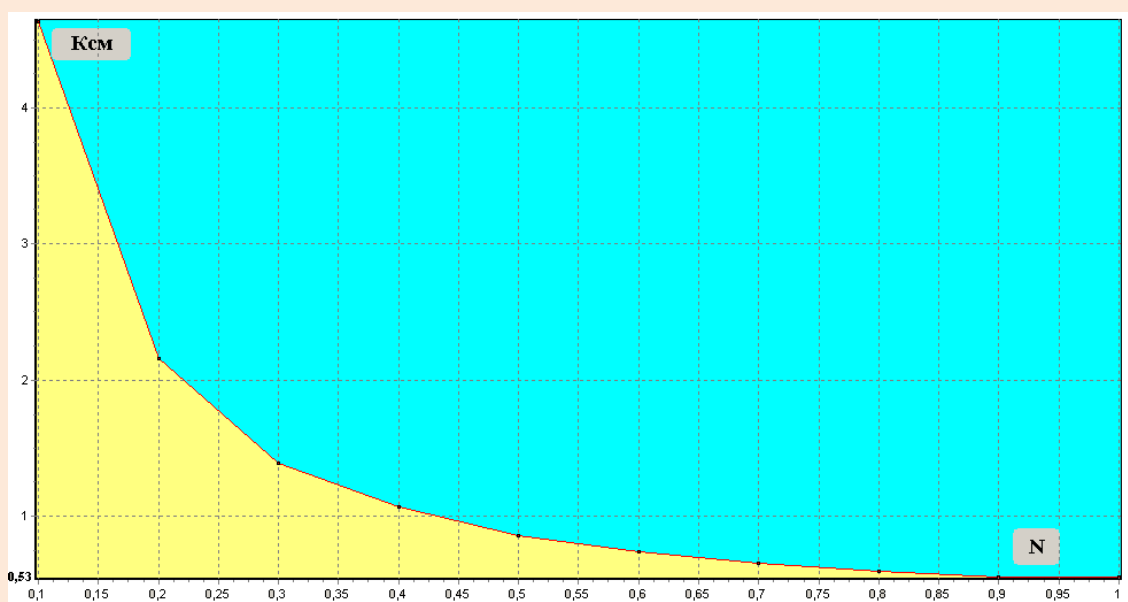


Рис. 9. График значений $K_{см}$ для схемы 3 в зависимости от положения клапана N

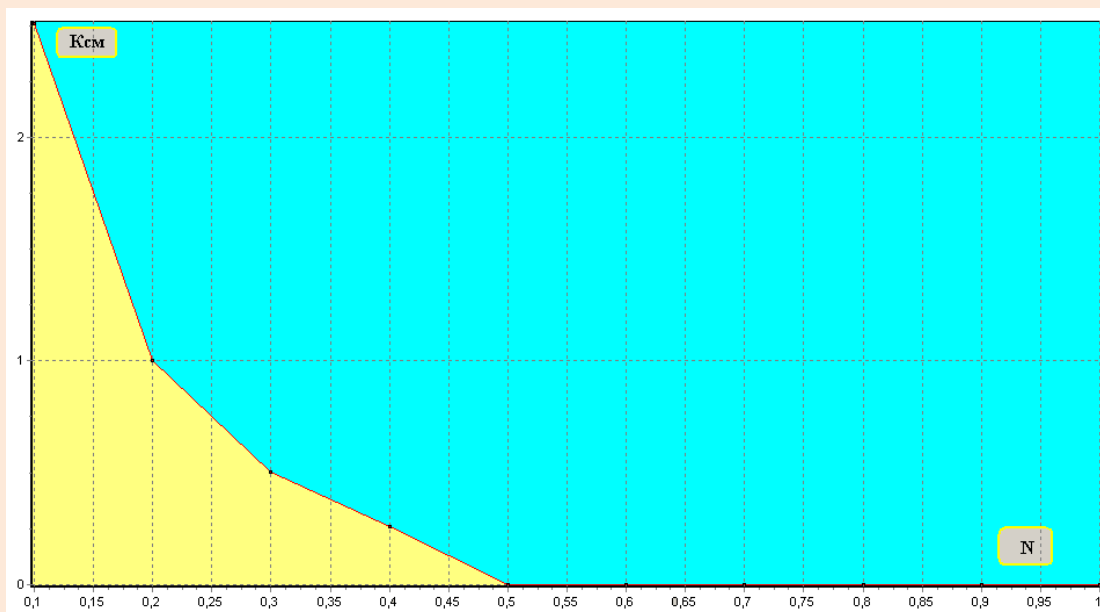


Рис. 10. График значений $K_{см}$ для схемы 4 в зависимости от положения клапана N

220036, Минск, ул. Волоха, 1
ком. 202-204
тел./факс (017) 2-86-10-93
2-86-20-08



E-mail: energovent@open.minsk.by
www.energovent.com