МИНИСТЕРСТВО МОНТАЖНЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ
СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ СССР

ИНСТРУКЦИЯ ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРОДУКТОПРОВОДОВ, ОБОГРЕВАЕМЫХ ПАРОВЫМИ И ВОДЯНЫМИ СПУТНИКАМИ

ВСН 168-76
ММСС СССР

Москва - 1978

gost.e-ecolog.ru

Министерство монтажных и специальных
строительных работ СССР

Утверждаю:
заместитель министра монтажных
и специальных строительных ра-
бот СССР
Л.Д. Солоденников
14 декабря 1976 г.

ИНСТРУКЦИЯ
ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРОДУКТОПРОВОДОВ, ОБОГРЕВАЕМЫХ ПАРОВЫМИ И ВОДЯНЫМИ СПУТНИКАМИ

ВСН 168-76
ММСС СССР

© Центральное бюро
научно-технической информации
Москва - 1978

УДК 662.998.001.2:621.643

В инструкции приведены виды теплоизоляционных материалов и конструкций, применяемые для изоляции продуктопроводов с обогревающими спутниками, требования, предъявляемые к ним, инженерные методы расчета тепловой изоляции продуктопроводов с паровыми и водяными спутниками при движущемся и неподвижном продукте, а также расчет температур продукта и теплоносителя по длине обогреваемого магистрального трубопровода.

Инструкция предназначена для расчета и проектирования теплоизоляционных конструкций продуктопроводов со спутниками предприятий нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности и химического и нефтяного машиностроения СССР.

Инструкция разработана лабораторией математического моделирования и вычислительной техники ВНИПИ Теплопроект (зав. лабораторией, канд.техн.наук В.Г.Петров-Денисов, мл. науч.сотрудник В.Н.Борина) при участии лаборатории теплофизических исследований (зав. лабораторией, канд.техн.наук И.Б.Заседателев, зав.сектором, канд.техн.наук Л.А. Масленников) и отдела проектирования тепловой изоляции (нач. отдела В.И.Герасимова, гл.специалист В.В.Попова).

Форма 5г

Минмонтажспецстрой СССР	Ведомственные строительные нормы	ВСН I68-76 ММСС СССР
	Инструкция по расчету и проектированию теплоизоляционных конструкций продуктопроводов, обогреваемых паровыми и водяными спутниками	взамен МСН I68-68 ММСС СССР

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящая инструкция распространяется на проектирование тепловой изоляции продуктопроводов с положительными температурами, обогреваемых паровыми и водяными спутниками и расположенных на открытом воздухе, в помещении и тоннелях.

I.2. Расчет изоляции должен производиться исходя из условий сохранения заданной температуры продукта в любом сечении по длине продуктопровода для двух режимов его работы:

при прекращении движения продукта более чем на I2 ч,как для неподвижного продукта;

при остановке менее чем на I2 ч, а для диаметра продуктопровода до 89 мм и в случае полной остановки, как для движущегося продукта.

I.3. Для обогрева продуктопроводов с температурой продукта выше 50°С могут использоваться пар и вода, подаваемая от бойлерной или систем промышленного теплоснабжения. Теплофикационная вода от ТЭЦ, осуществляющей регулирование температуры подаваемой воды по отопительному графику, может применяться для обогрева продуктопроводов с температурой продукта не более 50°С.

I.4. Выбор схем подключения водяных обогревающих спутников (рис.I) должен осуществляться с учетом общей схемы теплоснабжения предприятия, расположения обогреваемых продуктопроводов, ко-

Внесены	Утверждены	Срок введения
Всесоюзным научно-исследовательским и проектным институтом Теплопроект	Минмонтажспецстроем СССР I4 декабря I976 г.	I июля I977 г.

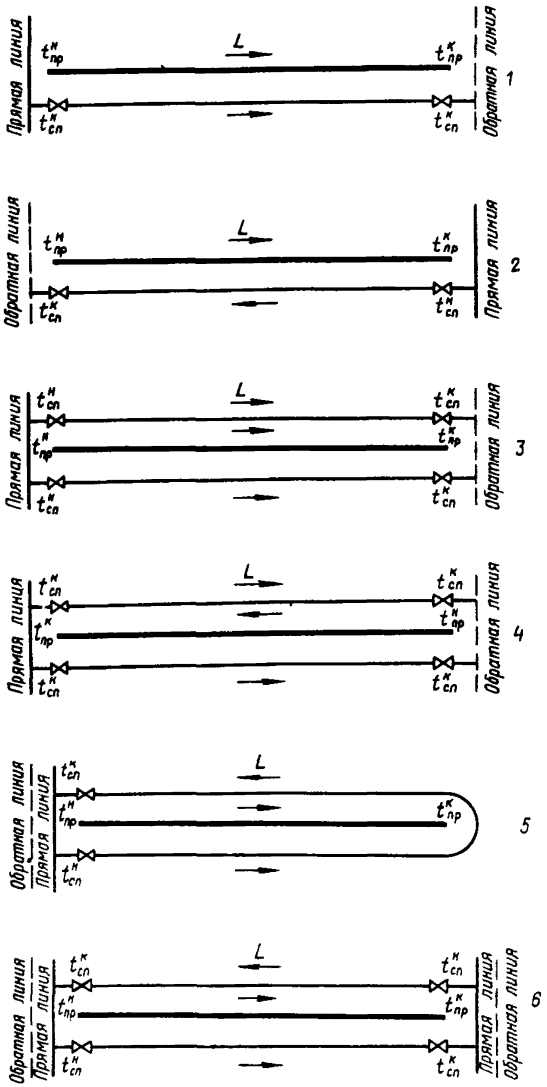


Рис.1. Схемы подключения обогревающих спутников: 1 – прямоток с одним спутником; 2 – противоток с одним спутником; 3 – прямоток с двумя спутниками; 4 – противоток с двумя спутниками; 5 – смешанный ток с двумя спутниками с односторонней подпиткой; 6 – смешанный ток с двумя спутниками с двусторонней подпиткой

личества спутников, вида теплоносителя, длины обогреваемого участка, располагаемого давления в подающей линии и т.д. При этом для водяных спутников следует учитывать следующее:

при обогреве продуктопроводов с неподвижным продуктом схемы 1,2,3,4 с точки зрения эффективности теплообмена равноценны;

при необходимости устройства двух спутников для обогрева продуктопроводов с неподвижным продуктом следует использовать схемы 5,6. Схема 6 рекомендуется преимущественно для обогреваемых участков длиной свыше 500 м и высоких температур продукта;

во всех случаях обогрева продуктопроводов с движущимся продуктом следует применять противоточные схемы 2,4 и схемы со смешанным током 5,6.

1.5. Проект тепловой изоляции продуктопроводов со спутниками должен выполняться на основании технического задания.

В задании должны быть указаны:

диаметр и длина обогреваемого продуктопровода;

температура продукта и окружающего воздуха;

температура и давление обогревающих теплоносителей (пара или воды);

местонахождение объекта;

требования, предъявляемые к изоляции;

схема коммуникаций.

1.6. При проектировании систем обогрева продуктопроводов, кроме теплового расчета изоляции, выполняемого по настоящей инструкции, необходимо производить гидравлический и тепловой расчет теплоснабжения спутников. Окончательный выбор количества и диаметров обогревающих спутников, конструкции и толщины изоляции следует осуществлять на основе технико-экономических расчетов.

2. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ

2.1. Для тепловой изоляции продуктопроводов, обогреваемых спутниками, должны применяться теплоизоляционные конструкции, представляющие собой комплект всех элементов (основной теплоизоляционный слой, покровный слой, детали крепления). Конструкцию тепловой изоляции следует принимать в соответствии с типовыми деталями серии 2.400-4 и типовым проектом Н-4503 "Тепловая изоляция продуктопроводов, обогреваемых паровыми и водяными спутниками".

2.2. Материалы для основного теплоизоляционного слоя должны иметь качественные показатели, отвечающие требованиям ГОСТ, технических условий и главы СНиП "Теплоизоляционные и акустические материалы и изделия".

2.3. Номенклатура и краткие технические характеристики изделий основного теплоизоляционного слоя, а также характеристики его в конструкции приведены в приложении I.

2.4. Обогреваемый продуктопровод должен прокладываться вместе с обогревающими спутниками в общей изоляционной конструкции, причем в зависимости от требований, предъявляемых к изоляции, меняются конструктивные решения тепловой изоляции (рис.2), которые обусловливают необходимую поверхность (угол) обогрева продуктопровода.

В соответствии с указанным применяются конструкции, предусматривающие полный (см. рис.2,ж) и частичный (см. рис.2,а,б, в, г,д,е) обогрев.

2.5. Для обогрева продуктопроводов должны использоваться преимущественно конструкции с естественным углом обогрева (см. рис.2,а,б,в,г). Конструкции с полным и частичным обогревом (см. рис.2,д,е,ж) следует применять лишь в тех случаях, когда к изоляции продуктопроводов предъявляются особенно строгие требования, обусловленные технологией производства.

2.6. Для лучшего использования теплоотдающей поверхности обогревающего спутника должны применяться специальные подкладки (см. рис.2,в,г,д,е,ж). (серия 2.400-4 и типовой проект Н-4503).

2.7. Для продуктопроводов диаметром до I59 мм, расположенных в помещении, при температуре продукта до 30°С при обогреве водой и до 60°С при обогреве паром допускается использование конструкций с частичным обогревом без подкладок (см. рис.2,а,б).

2.8. Теплоизоляционные конструкции должны:

сохранять в течение всего срока службы изолируемых трубопроводов свои основные теплоизоляционные свойства, а также структуру без коробления, растрескивания и выгорания;

не вызывать коррозии изолируемых металлических поверхностей;

не препятствовать температурным деформациям изолируемых трубопроводов при разогреве и остывании.

2.9. Для защитно-покровного слоя изоляции продуктопроводов со спутниками должны применяться изделия, позволяющие выполнять монтаж индустриальными методами, а именно:

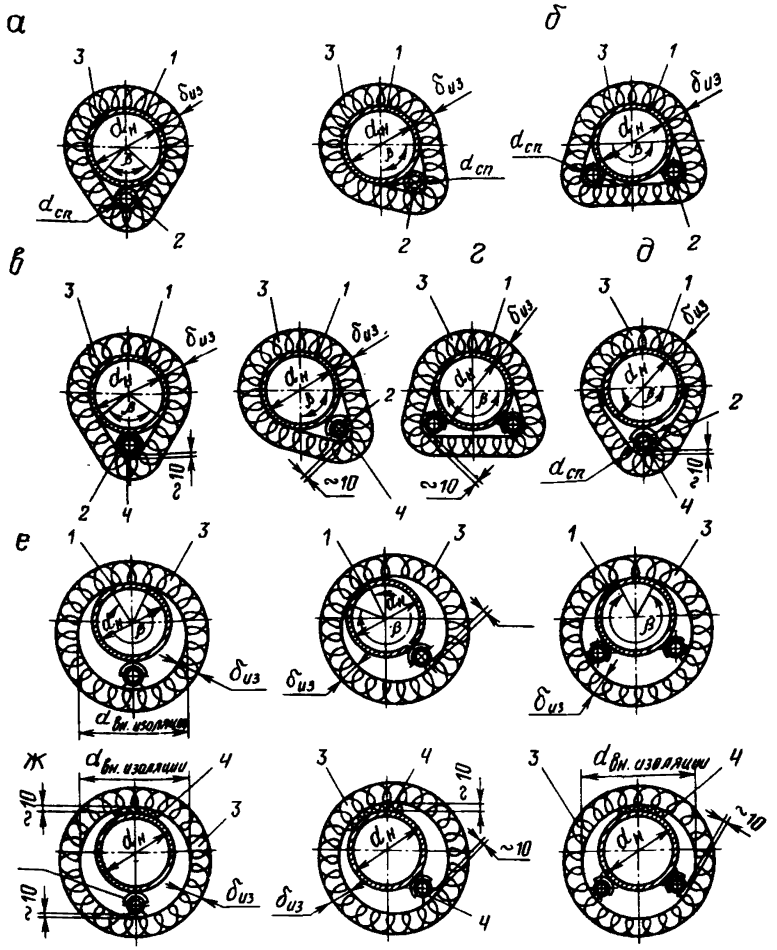


Рис.2. Типы конструкций тепловой изоляции: а - без подкладки, $\beta < 180^{\circ}$; б - без подкладки, $\beta \cong 180^{\circ}$; в - с подкладкой, $\beta < 180^{\circ}$; г - с подкладкой, $\beta \cong 180^{\circ}$; д - с подкладкой, $\beta = 180^{\circ}$; е - с подкладкой, $\beta > 180^{\circ}$; ж - предусматривающая полный обогрев, $\beta = 360^{\circ}$; 1 - обогреваемый продуктопровод; 2 - обогреваемый спутник; 3 - теплоизоляционный слой; 4 - подкладка; β - угол обогрева

покрытия из тонколистовой оцинкованной стали, тонколистовой кровельной стали с окраской, листов алюминиевого сплава;

скорлупы и листы из стеклопластиков.

2.10. Номенклатура материалов для защитно-покровного слоя и область их применения приведены в приложении 2.

2.11. Наружная отделка изоляции в виде окраски поверхности защитно-покровного слоя должна применяться в зависимости от окружающей среды и условий эксплуатации.

2.12. Арматуру и фланцевые соединения продуктопроводов со спутниками необходимо изолировать съемными конструкциями.

2.13. Уплотняющиеся волокнистые теплоизоляционные материалы и изделия должны применяться с уплотнением, соответствующим объемной массе, получаемой при монтаже тепловой изоляции.

Уплотнение учитывается общим расчетным коэффициентом уплотнения К. Коэффициенты уплотнения изделий из волокнистых материалов приведены в приложении 3.

2.14. Объем минерало- и стекловатных изделий в ведомости потребных материалов (заказной спецификации) определяется путем умножения объема изоляции в деле (указанного в техномонтажной ведомости или ведомости объемов работ) на приведенной в приложении 3 общий коэффициент уплотнения К и коэффициент K_I, учитывающий потери в соответствии со сметными нормами:

$$V_o = V_m \cdot K K_1 , \qquad (1)$$

где V_o – объем изделий в ведомости потребных материалов (заказной спецификации), м^3;

V_m – объем изоляции в деле, указанный в техномонтажной ведомости или ведомости объемов работ, м^3.

2.15. Толщина минерало- и стекловатных изделий δ_o' в ведомости потребных материалов (заказной спецификации) определяется по формуле

$$\delta_o' = \delta_p K \frac{d_{np} + \delta_p}{d_{np} + 2\delta_p} , \qquad (2)$$

где δ_p – расчетная толщина изоляции в конструкции, указанная в техномонтажной ведомости, м;

d_{np} – приведенный диаметр ($d_{np} = d_{mp} + d_{cn}$), м;

d_{mp} – наружный диаметр продуктопровода, м;

d_{cn} – наружный диаметр спутника, м;

K – общий коэффициент уплотнения, принимаемый по приложению 3.

Вычисленная по данной формуле толщина округляется до ближайшего значения по ГОСТ или ТУ.

2.I6. Минимальная толщина основного слоя теплоизоляционных конструкций должна приниматься: 40 мм для матов минераловатных, цилиндров и скорлуп минераловатных на фенольной связке; 30 мм для полос и матов из стеклянного волокна. Максимальная толщина теплоизоляционных конструкций не должна превышать I00 мм.

2.I7. Расстояние между осями изолированных продуктопроводов со спутниками при прокладке на эстакадах следует принимать по приложению 4.

3. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

3.I. При расчете тепловой изоляции расчетная температура окружающей среды t_o должна приниматься:

для продуктопроводов, расположенных на открытом воздухе, равной средней температуре окружающего воздуха за самую холодную пятидневку по климатологическим таблицам СНиП "Строительная климатология и геофизика";

для продуктопроводов, расположенных в помещении, равной температуре окружающего воздуха в нем;

для продуктопроводов, расположенных в тоннелях, равной 40°С.

Примечание. При использовании в качестве теплоносителя воды от ТЭЦ, осуществляющей регулирование температуры подаваемой воды по отопительному графику, для продуктопроводов, расположенных на открытом воздухе, расчетную температуру окружающей среды принимают равной 8°С.

3.2. Ориентировочный выбор диаметров и количества спутников для продуктопроводов, расположенных на открытом воздухе и в помещении, в зависимости от их диаметра, температуры продукта и теплоносителя следует выполнять по приложению 5.

Расчет тепловой изоляции при движущемся продукте

3.3. Расчет требуемой толщины изоляции производится на основе решения двух уравнений теплового баланса:

$$\frac{t_{cn} - t_o}{R_1} = \frac{t_o - t_e}{R_2} + \frac{t_{mp} - t_o}{R_3}; \qquad (3)$$

$$\frac{t_n - t_{mp}}{R_4} = \frac{t_{mp} - t_o}{R_3}, \qquad (4)$$

где $t_{пр}, t_в, t_в$ – температура соответственно продукта, окружающего воздуха и воздуха в пространстве, ограниченном изоляцией, °С.

3.4. Температура спутника $t_{сп}$ в расчетах принимается при обогреве паром равной температуре насыщенного пара; при обогреве водой вычисляется по формуле:

$$t_{сп} = \frac{t''_{сп} + t'_{сп}}{2}, \qquad (5)$$

где $t''_{сп}$ – температура воды на входе в спутник, °С;
$t'_{сп}$ – температура воды на выходе из спутника, °С.

3.5. Удельное термическое сопротивление теплоотдаче от спутника в пространство, ограниченное изоляцией, м·град/Вт (м·ч·град/ккал), следует вычислять по формуле:

$$R_1 = \frac{1}{n \alpha_{сп} \pi d_{сп}}, \qquad (6)$$

где n – число спутников;
$\alpha_{сп}$ – коэффициент теплоотдачи спутника, Вт/м^2·град (ккал/м^2·ч·град);
$d_{сп}$ – наружный диаметр спутника, м.

3.6. Коэффициент теплоотдачи от спутника в пространство, ограниченное изоляцией, определяется по формуле:

$$\alpha_{сп} = \frac{Nu_{эф} 2 t_{сп} \lambda_в}{(t_{сп} - t_{пр}) d_{сп}}, \qquad (7)$$

где $Nu_{эф}$ – значение эффективного критерия Нуссельта. Его следует определять по графику приложения 6 в зависимости от величины произведения критериев $Gr \cdot Pr$;

$\lambda_в$ – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/м·град (ккал/м·ч·град). Его следует подбирать по средней температуре, равной

$$t_{ср} = \frac{t_{сп} + t_{пр}}{2}. \qquad (8)$$

3.7. Комплекс $Gr \cdot Pr$ вычисляется по формуле:

$$Gr \cdot Pr = 10^8 A d_{сп}^3 \frac{t_{сп} - t_{пр}}{2}, \qquad (9)$$

где A – температурный фактор; его определяют по графику приложения 7 в зависимости от $t_{ср}$ (8).

3.8. Термическое сопротивление изоляционного слоя R_2, м·град/Вт (м·ч·град/ккал), следует вычислять по формуле:

$$R_2 = \frac{1}{\alpha_{из}^{вн} \ell_{из}^{вн}} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из} \ell_{из}^{ср}} + \frac{1}{\alpha_{из}^{н} \ell_{из}^{н}}, \qquad (10)$$

где $\delta_{из}$ – толщина изоляции, м;

$\ell_{из}^{вн}$ – длина внутренней образующей изоляции, м;

$\ell_{из}^{н}$ – длина наружной образующей изоляции, м;

$$\ell_{из}^{ср} = \frac{\ell_{из}^{н} + \ell_{из}^{вн}}{2}. \qquad (11)$$

3.9. Геометрические характеристики конструкции $\ell_{из}^{вн}$, $\ell_{из}^{н}$ рассчитываются в зависимости от вида конструкции (см. рис.2,а,б, .в,г,д,е,ж).

3.10. Коэффициент теплопроводности изделий в конструкции $\lambda_{из}$ Вт/м·град (ккал/м·ч·град) должен приниматься по приложению I.

3.11. Коэффициент теплоотдачи к внутренней поверхности изоляции $\alpha_{из}^{вн}$ следует принимать равным 11,6 Вт/м^2·град (10 ккал/м^2··ч·град).

3.12. Коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающий воздух $\alpha_{из}^{н}$, Вт/м^2·град (ккал/м^2·ч·град), следует принимать по приложению 8.

3.13. Термическое сопротивление изоляционного слоя R_3, м·град/Вт (м·ч·град/ккал), вычисляется по формуле:

$$R_3 = \frac{2\pi}{\alpha}\left[\frac{1}{\alpha_{из}^{н}\pi(d_{тр}+2\delta_{из})} + \frac{1}{2\pi\lambda_{из}} \ell n \frac{d_{тр}+2\delta_{из}}{d_{тр}}\right], \qquad (12)$$

где α – угол, характеризующий геометрию теплоизоляционной конструкции (см. рис.2,а,б,в,г,д,е,ж), радиан.

3.14. Удельное термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха внутри пространства, ограниченного изоляцией, к продуктопроводу R_4, м·град/Вт (м·ч·град/ккал), следует вычислять по формуле:

$$R_4 = \frac{2\pi}{\beta} \cdot \frac{1}{\alpha_{тр}\pi d_{тр}}, \qquad (13)$$

где β – угол, характеризующий геометрию теплоизоляционной конструкции (см. рис.2,а,б,в,г,д,е,ж), радиан.

Примечание. При расчетах теплоизоляционных конструкций типа

приведенных на рис.2,в,г значения R_I, R_2, R_3, R_4 следует принимать по таблицам приложения 9.

3.I5. Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{тр}$ от воздуха внутри пространства, ограниченного изоляцией, к продуктопроводу следует принимать равным I7,4 Вт/м^2.град (I5 ккал/м^2·ч·град).

3.I6. Расчет толщины тепловой изоляции по уравнениям (3,4) выполняется методом последовательных приближений. Для снижения трудоемкости этот расчет для наиболее широко применяемых в практике проектирования теплоизоляционных конструкций типа приведенных на рис.2,в,г следует вести с помощью таблиц приложения I0. Их использование значительно упрощает проведение расчетов без снижения точности конечных результатов.

3.I7. С помощью таблиц приложения I0 расчет производят следующим образом. По заданной температуре продукта $t_{тр}$ вычисляют безразмерную температуру продуктопровода $\varphi_{тр}$ по формуле

$$\varphi_{тр} = \frac{t_{тр} - t_0}{t_{сп} - t_0}, \qquad (I4)$$

где $t_{сп}$ – температура спутника (принимается согласно требованиям п.3.4 настоящей инструкции).

3.I8. В зависимости от выбранного диаметра и температуры спутника, диаметра продуктопровода по рассчитанному значению $\varphi_{тр}$ из таблиц приложения I0 находят толщину изоляции $\delta_{из}$, удельное термическое сопротивление теплоотдаче от спутника R_1 и безразмерную температуру воздуха в пространстве, ограниченном изоляцией, $\varphi_в$.

3.I9. Расчетную толщину изоляции вычисляют по формуле:

$$\delta_р = \delta_{из} \frac{\lambda_{из}}{0,08} K\Psi, \qquad (I5)$$

где K – коэффициент, учитывающий дополнительные тепловые потери через опоры и арматуру. Для трубопроводов, расположенных в помещении и тоннелях, K=I,I5÷I,2; для трубопроводов, расположенных на открытом воздухе, K=I,25÷I,3;

Ψ – поправочный коэффициент. При расчетах теплоизоляционных конструкций с естественным углом обогрева без подкладки (см. рис.2,а,б) вводится Ψ=I,I5.

Примечание. При использовании экрана из алюминиевой фольги, укладываемой в качестве подстилающего слоя под рулонную теп-

лоизоляцию, расчетную толщину изоляции следует уменьшать на 20%.

3.20. При обогреве насыщенным или перегретым паром длину обогреваемого участка вычисляют по формуле

$$\ell = \frac{0{,}9r\frac{\pi d^2_{вн.сп}}{4} \cdot v_п 3600 \gamma_п}{q_{сп}}, \qquad (16)$$

где 0,9 – коэффициент, учитывающий уменьшение теплосодержания пара за счет трения при движении по трубопроводу;

r – удельная теплота парообразования, Дж/кг (ккал/кг);

$d_{вн.сп}$ – внутренний диаметр спутника, м;

$v_п$ – скорость пара, м/с;

$\gamma_п$ – объемная масса пара, кг/м^3;

$q_{сп}$ – удельный расход тепла спутником (принимается согласно п.3.23 настоящей инструкции);

3.21. При обогреве водой длину обогреваемого участка определяют по формуле

$$\ell = \frac{W_{сп}(t''_{сп} - t^к_{сп})}{q_{сп}}, \qquad (17)$$

где $W_{сп}$ – водяной эквивалент, равный произведению массового расхода воды, кг/с (кг/ч) на удельную теплоемкость, Дж/кг·град (ккал/кг·град). Его значение следует определять по графику приложения II.

3.22. При схемах обогрева 3,4,6 (см. рис.1) длину обогреваемого участка вычисляют по формуле

$$\ell = \frac{2W_{сп}(t''_{сп} - t^к_{сп})}{q_{сп}}. \qquad (18)$$

3.23. Удельный расход тепла спутником на обогрев продуктопровода и потери в окружающую среду находят по формуле

$$q_{сп} = \frac{t_{сп} - \varphi_в(t_{сп} - t_о) - t_о}{R_1}. \qquad (19)$$

Значения $\varphi_в$ и R_1 принимают по таблицам приложения 10.

Расчет тепловой изоляции при неподвижном продукте

3.24. Расчет толщины теплоизоляции выполняют с использованием безразмерных температур, определяемых соотношениями:

$$\varphi_{тр}^{макс} = \frac{t_{тр}^{макс} - t_0}{t_{сп} - t_0}; \qquad (20)$$

$$\varphi_{тр}^{мин} = \frac{t_{тр}^{мин} - t_0}{t_{сп} - t_0}; \qquad (21)$$

$$\varphi_в = \frac{t_в - t_0}{t_{сп} - t_0}, \qquad (22)$$

где $\varphi_{тр}^{макс}$, $\varphi_{тр}^{мин}$ – безразмерные температуры продукта соответственно в нижней и верхней частях продуктопровода;

$\varphi_в$ – безразмерная температура воздуха в пространстве, образованном изоляцией;

$t_{тр}^{макс}$ – температура продукта в нижней части продуктопровода, град;

$t_{тр}^{мин}$ – температура продукта в верхней части продуктопровода, град.

3.25. Температуру спутника $t_{сп}$ при расчетах по формулам (20-22) принимают: при обогреве паром равной температуре насыщенного пара; при обогреве водой по схемам 1,2,3,4 (см. рис.1) равной температуре воды на выходе из спутника $t_{сп}$; при обогреве водой по схемам 5,6 (см. рис.1) вычисляют по формуле (5).

3.26. Расчет толщины изоляции ведут в следующем порядке.

В зависимости от условий эксплуатации продуктопровода задаются температурой продукта $t_{тр}^{макс}$ либо $t_{тр}^{мин}$ и по формулам (20, 21) определяют $\varphi_{тр}^{макс}$ или $\varphi_{тр}^{мин}$.

В зависимости от выбранных диаметров спутника и продуктопровода, а также от вычисленных величин $\varphi_{тр}^{макс}$ или $\varphi_{тр}^{мин}$ по графикам приложения 12 находят толщину изоляции $\delta_{из}$ и безразмерную температуру $\varphi_п$.

Затем вычисляют расчетную толщину изоляции δ_p по формуле (I5), длину обогреваемого участка и удельный расход тепла по формулам (I6–I9) (см. приложение I3).

4. РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУР ОБОГРЕВАЮЩЕЙ ВОДЫ И ПРОДУКТА ПРИ ОБОГРЕВЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ПРОДУКТОПРОВОДОВ

4.I. При необходимости обогрева магистральных продуктопроводов с движущимся продуктом длиной более I000 м без промежуточной подпитки водяных спутников проверочный расчет температур теплоносителя и продукта должен производиться по приведенной ниже методике.

4.2. При использовании прямоточных схем I,3 (см.рис.I) температуру греющей воды $t_{сп}(\ell)$ и продукта $t_{тр}(\ell)$ на расстоянии ℓ определяют по следующим формулам:

$$t_{сп}(\ell)=\alpha-\frac{\bar{t}_{сп}+\frac{b_1}{a_1-\rho_2}\bar{t}_{тр}}{\frac{b_1}{a_1-\rho_2}-\frac{b_1}{a_1-\rho_1}}\cdot\frac{b_1}{a_1-\rho_1}e^{\rho_1\ell}+ \tag{23}$$

$$+\frac{\bar{t}_{сп}+\frac{b_1}{a_1-\rho_1}\bar{t}_{тр}}{\frac{b_1}{a_1-\rho_2}-\frac{b_1}{a_1-\rho_1}}\cdot\frac{b_1}{a_1-\rho_2}e^{\rho_2\ell};$$

$$t_{тр}(\ell)=\beta+\frac{\bar{t}_{сп}+\frac{b_1}{a_1-\rho_2}\bar{t}_{тр}}{\frac{b_1}{a_1-\rho_2}-\frac{b_1}{a_1-\rho_1}}\cdot e^{\rho_1\ell}-\frac{\bar{t}_{сп}+\frac{b_1}{a_1-\rho_1}\bar{t}_{тр}}{\frac{b_1}{a_1-\rho_2}-\frac{b_1}{a_1-\rho_1}}\cdot e^{\rho_2\ell}. \tag{24}$$

4.3. Относительную температуру $\bar{t}_{сп}$ и $\bar{t}_{тр}$ вычисляют по формулам

$$\bar{t}_{сп}=t''_{сп}-t_0\ ; \tag{25}$$

$$\bar{t}_{тр}=t''_{тр}-t_0\ , \tag{26}$$

где $t''_{сп}$ – температура воды на входе в спутник, °С;

$t''_{тр}$ – температура продукта на входе в трубопровод, °С.

4.4. Коэффициенты a_I, b_I, c_I, a_2, b_2, c_2, α, β, ρ_I и ρ_2 определяют по формулам:

$$a_1=\frac{1}{\left(\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}+\frac{1}{k_4}\right)R_1^2W_{сп}}-\frac{1}{R_1W_{сп}}\ ; \tag{27}$$

$$b_1 = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}\right) R_1 R_4 W_{cn}}; \qquad (28)$$

$$c_1 = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}\right) R_1 R_2 W_{cn}}; \qquad (29)$$

$$a_2 = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}\right) R_1 R_4 W_{mp}}; \qquad (30)$$

$$b_2 = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}\right) R_4^2 W_{mo}} - \frac{1}{R_3 W_{mp}} - \frac{1}{R_4 W_{mp}}; \qquad (31)$$

$$c_2 = \frac{t_o}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}\right) R_2 R_4 W_{mp}} + \frac{t_o}{R_3 W_{mp}}; \qquad (32)$$

$$\alpha = \frac{b_1 c_2 - c_1 b_2}{a_1 b_2 - b_1 a_2}; \qquad (33)$$

$$\beta = \frac{c_1 a_2 - a_1 c_2}{a_1 b_2 - b_1 a_2}; \qquad (34)$$

$$p_1 = \frac{(a_1 + b_2) + \sqrt{(a_1 + b_2)^2 - 4(a_1 b_2 - b_1 a_2)}}{2}; \qquad (35)$$

$$p_2 = \frac{(a_1 + b_2) - \sqrt{(a_1 + b_2)^2 - 4(a_1 b_2 - b_1 a_2)}}{2}. \qquad (36)$$

4.5. Удельные термические сопротивления R_1, R_2, R_3 и R_4 вычисляют по формулам (6,I0,I2,I3) или по таблицам приложения 9.

4.6. В зависимости от диаметра спутника и скорости воды в нем водяной эквивалент обогревающей воды $W_{сп}$ находят по графику приложения II. Для определения нужного эквивалента для движущегося продукта $W_{тр}$ при заданных диаметре продуктопровода и скорости движения продукта в найденную по графику приложения II величину W вводят поправку:

$$W_{тр} = 10^{-3} W \cdot C_{пр} \cdot \gamma_{пр} , \qquad (37)$$

где $C_{пр}$ – удельная теплоемкость продукта при температуре продукта $t_{тр}$, Дж/кг·град (ккал/кг·град);

$\gamma_{пр}$ – объемная масса продукта при температуре продукта $t_{тр}$, кг/м^3.

4.7. При использовании противоточных схем 2 и 4 (см. рис.I) температуру греющей воды $t_{сп}(\mathcal{L})$ и продукта $t_{тр}(\mathcal{L})$ на расстоянии $\mathcal{L}$ определяют по формулам:

$$t_{сп}(\mathcal{L}) = \alpha - \frac{\bar{t}_{сп} e^{\rho_2 \mathcal{L}} + \frac{B_1}{a_1 - \rho_2} \bar{t}_{тр}}{\frac{B_1}{a_1 - \rho_2} e^{\rho_1 \mathcal{L}} - \frac{B_1}{a_1 - \rho_1} e^{\rho_2 \mathcal{L}}} \cdot \frac{B_1}{a_1 - \rho_1} e^{\rho_1 \mathcal{L}} + \qquad (38)$$

$$+ \frac{\bar{t}_{сп} e^{\rho_1 \mathcal{L}} + \frac{B_1}{a_1 - \rho_1} \bar{t}_{тр}}{\frac{B_1}{a_1 - \rho_2} e^{\rho_1 \mathcal{L}} - \frac{B_1}{a_1 - \rho_1} e^{\rho_2 \mathcal{L}}} \cdot \frac{B_1}{a_1 - \rho_2} e^{\rho_2 \mathcal{L}}$$

$$t_{тр}(\mathcal{L}) = \beta + \frac{\bar{t}_{сп} e^{\rho_2 \mathcal{L}} + \frac{B_1}{a_1 - \rho_2} \bar{t}_{тр}}{\frac{B_1}{a_1 - \rho_2} e^{\rho_1 \mathcal{L}} - \frac{B_1}{a_1 - \rho_1} e^{\rho_2 \mathcal{L}}} \cdot e^{\rho_1 \mathcal{L}} - \qquad (39)$$

$$- \frac{\bar{t}_{сп} e^{\rho_1 \mathcal{L}} + \frac{B_1}{a_1 - \rho_1} \bar{t}_{тр}}{\frac{B_1}{a_1 - \rho_2} e^{\rho_1 \mathcal{L}} - \frac{B_1}{a_1 - \rho_1} e^{\rho_2 \mathcal{L}}} \cdot e^{\rho_2 \mathcal{L}} .$$

4.8. Коэффициенты a_1, B_1, c_1, a_2, B_2, c_2 рассчитывают по следующим формулам:

$$a_1 = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}\right) R_1^2 W_{сп}} - \frac{1}{R_1 W_{сп}} ; \qquad (40)$$

$$B_1 = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}\right) R_1 R_4 W_{сп}} ; \qquad (41)$$

$$c_1 = \frac{t_0}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}\right) R_1 R_2 W_{cn}} ; \qquad (42)$$

$$a_2 = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}\right) R_1 R_4 W_{mp}} ; \qquad (43)$$

$$b_2 = \frac{1}{R_3 W_{mp}} + \frac{1}{R_4 W_{mp}} - \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}\right) R_4^2 W_{mp}} ; \qquad (44)$$

$$c_2 = - \frac{t_0}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}\right) R_2 R_4 W_{mp}} - \frac{t_0}{R_3 W_{mp}} . \qquad (45)$$

4.9. Значение α, β, ρ_1, ρ_2, W_{cn}, W_{mp} рассчитывают соответственно по формулам (33,34,35,36,37) и п.4.6 настоящей инструкции.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Номенклатура и краткая характеристика теплоизоляционных материалов, применяемых в качестве основного теплоизоляционного слоя

Наименование материала	ГОСТ или технические условия	Объемная масса, кг/м³		Расчетный коэффициент теплопроводности в конструкции $\lambda_{из}$, Вт/м·град ($\lambda_{из}$, I,I6 ккал/м·град)	Температура применения, °С	Размеры изделия, I0³, м
		материала	материала в конструкции (без крепежных деталей и покровного слоя)			
I	2	3	4	5	6	7
Изделия теплоизоляционные из стеклянного штапельного волокна						
Плиты полужесткие технические:						
марки ПТ-50	ГОСТ I0499-67	50	60	$0,042+0,00035\,t_{ср}$	До I80	Длина I000; ширина 500, 900, I000, I500; толщина 30,40,50, 60,70,80
марки ПТ-75	ГОСТ I0499-67	75	90	$0,044+0,00023\,t_{ср}$	До I80	
Маты в рулоне технические:						

1	2	3	4	5	6	7
марки МРТ-35	ГОСТ I0499-67	35	55	$0,040+0,0004I\,t_{ср}$	До I80	Длина 7000 – I3000; ширина 500, 900, I000, I500; толщина 30, 40,50,60,70, 80
марки МРТ-50	ГОСТ I0499-67	50	80	$0,042+0,00035\,t_{ср}$		
Конструкции полносборные теплоизоляционные минераловатные с различными покрытиями	ТУ 36-II80-70	Соответствуют минераловатным изделиям, применяемым для изготовления конструкций				Длина 540 – I040 для $d_{тр}$= = 25,32,45, 57,89,I08, I59,2I9,273; толщина 30, 40,50,60 для $d_{тр}$=I9-89; 40,50,60 для $d_{тр}$=I08-I59; 40,50,60,70, 80,90 для $d_{тр}$=2I9-273
Маты теплоизоляционные минераловатные вертикально-слоистые с раз-	ТУ 36-I674-73	Не более I00		$0,044+0,0003I\,t_{ср}$	До 300	Толщина 40, 50,60,70,80, 90,I00

I	2	3	4	5	6	7
личными покровными слоями						Длина 3000 – 6000
Маты минераловатные прошивные с обкладкой с одной или двух сторон либо без нее:						
марки I00	МРТУ-7-I9-68	I00	I30	$0,045+0,00020\,t_{ср}$	До 600 при обкладке из металлической сетки; до 400 при обкладке из стеклянной ткани	Длина I000 – 2500; ширина 500-I500; толщина 40, 60,80,I00
марки I50	МРТУ 7-I9-68	I50	200	$0,0535+0,000I85\,t_{ср}$		
марки 200	МРТУ 7-I9-68	200	260	$0,058+0,000I85\,t_{ср}$		
Плиты и маты теплоизоляционные из минеральной ваты на синтетическом						

I	2	3	4	5	6	7
связующем:						
плиты мягкие и маты	ГОСТ 9573-72					Плиты
марки 50		50	75	$0,040+0,00029t_{ср}$	До 400	Длина I000;
марки 75		75	II5	$0,043+0,00022\,t_{ср}$		ширина 500, I000; толщина 40,50, 60
плиты полужесткие	ГОСТ 9573-72					Маты
марки I00		I00	I20	$0,044+0,0002I\,t_{ср}$	До 400	Длина 2000,
марки I25		I25	I50	$0,047+0,000I85\,t_{ср}$		3000, 4000; ширина 500, I000; толщина 70,80,90, I00
Полуцилиндры теплоизоляционные из минеральной ваты на синтетическом связующем:	ГОСТ I4357-69					
марки I00		I00	I00	$0,047+0,00020\,t_{ср}$	До 300 внутри помещения; до 400 вне помещения	Длина 500, I000; толщина 40,50,60 для $d_{тр}$ =57, 76,89,I08
марки I50		I50	I50	$0,049+0,00020\,t_{ср}$		
марки 200		200	200	$0,052+0,000I85\,t_{ср}$		

I	2	3	4	5	6	7
Цилиндры полые теплоизоляционные из минеральной ваты на синтетическом связующем:	ГОСТ I4356-69					
марки I50		I50	I50	$0,049+0,00020\,t_{cp}$	То же	Длина 500, 750, I000, I500; толщина 30,40,50 для d_{mp}=57, 76,89; 40,50,60 для d_{mp}=I08,I33, I59; 50,60 для d_{mp}=2I9,273
марки 200		200	200	$0,052+0,000I85\,t_{cp}$		
марки 250		250	250	$0,056+0,000I85\,t_{cp}$		

Примечание. Среднюю температуру теплоизоляционного слоя t_{cp} определяют по формуле

$$t_{cp} = \frac{t_{сп} + t_{mp} + 2t_o}{4},$$

где $t_{сп}$ – температура спутника;

t_{mp} – температура продукта;

t_o – температура окружающей среды (расчетная).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Рекомендуемое

Номенклатура материалов для защитно-покровного слоя и область их применения

Покрытие	Область применения
Из тонколистовой оцинкованной стали	В помещении и на открытом воздухе. Не рекомендуется без специальной противокоррозионной окраски на производствах с наличием агрессивных сред
Из тонколистовой кровельной стали	В помещении и на открытом воздухе при наличии окраски, выбираемой в зависимости от окружающей среды и условий эксплуатации
Из стали рулонной холоднокатанной с полимерным покрытием (металлопласт)	В помещении
Из алюминия и алюминиевых сплавов и материалы, дублированные алюминиевой фольгой	В помещении и на открытом воздухе. Не рекомендуется без специальной противокоррозионной окраски на производствах с наличием агрессивных сред
Каландрированная пленка из винипласта	Для покрытия тепловой изоляции продуктопроводов, находящихся в условиях, исключающих воздействие солнечной радиации, в тоннелях, каналах и помещении
Скорлупы и листы из стеклопластика и оболочки из стеклоцемента	На прямолинейных участках в соответствии с техническими условиями на открытом воздухе, в помещении и тоннелях
Лакостеклоткань для теплоизоляционных конструкций по рубероиду	На продуктопроводах, расположенных в помещении, на открытом воздухе, в каналах и тоннелях

Толщина металлических листов для покрытия в зависимости от приведенного диаметра изоляции $d_{пр}$

Материал	Толщина листов для покрытия (мм) при $d_{пр} \cdot 10^3$, м		
	до 350	350 – 600	свыше 600
Сталь тонколистовая кровельная, оцинкованная	0,4 – 0,5	0,8	0,8 – I,0
Листы из алюминия и алюминиевых сплавов	0,5	0,8	0,8 – I,0
Ленты из алюминия и алюминиевых сплавов (гофрированные)	0,25 – 0,3	0,3 – 0,5	–
Гофрированные листы из алюминиевых сплавов	–	–	0,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

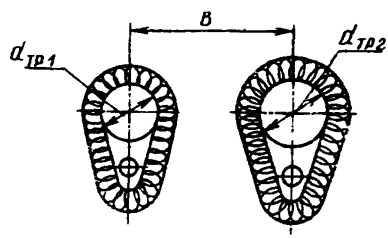
Коэффициенты уплотнения изделий из волокнистых материалов К

Теплоизоляционные изделия	Значение расчетного К
1	2
Плиты мягкие минераловатные на синтетическом связующем	I,5
Маты минераловатные прошивные	I,2
Плиты минераловатные полужесткие на синтетическом связующем	I,2
Полосы и маты из непрерывного стекловолокна прошивные при применении на продуктопроводах до	
$d_{пр}$ = 273 мм	I,3
$d_{пр}$ = 273 мм и более	I,I5
Маты теплоизоляционные минераловатные вертикально-слоистые при применении на продуктопроводах	
до $d_{пр}$ = I59 мм	I,3
$d_{пр}$ = 2I9÷325 мм	I,2
$d_{пр}$ = 377 мм и более	I,I

I	2
Плиты полужесткие из стеклянного штапельного волокна (технические и строительные)	I,I5
Маты из стеклянного штапельного волокна	I,2

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Расстояние между осями изолированных продуктопроводов со спутниками при прокладке на эстакадах



Диаметр продуктопровода $d_{пр} \cdot D_н$, мм	$d_{тр1}$ 45	57	89	I08	I59	2I9	273	325	377	426	529	630	720
	Расстояние между изолированными продуктопроводами B, м												
45	0,26	0,26	0,30	0,32	0,34	0,36	0,40	0,42	0,44	0,46	0,52	0,56	0,60
57	0,26	0,28	0,30	0,32	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,52	0,56	0,60
89	0,30	0,30	0,32	0,34	0,38	0,40	0,42	0,44	0,48	0,50	0,54	0,60	0,64
I08	0,32	0,32	0,34	0,38	0,40	0,42	0,44	0,48	0,50	0,52	0,58	0,62	0,68
I59	0,34	0,36	0,38	0,40	0,44	0,46	0,48	0,52	0,56	0,58	0,64	0,68	0,72
2I9	0,36	0,38	0,40	0,42	0,46	0,50	0,52	0,56	0,58	0,62	0,68	0,72	0,76
273	0,40	0,40	0,42	0,44	0,48	0,52	0,56	0,58	0,60	0,64	0,70	0,74	0,80
325	0,42	0,42	0,44	0,48	0,52	0,56	0,58	0,60	0,64	0,66	0,74	0,78	0,82
377	0,44	0,44	0,48	0,50	0,56	0,58	0,60	0,64	0,66	0,70	0,76	0,82	0,86
426	0,46	0,46	0,50	0,52	0,58	0,62	0,64	0,66	0,70	0,72	0,80	0,84	0,90
529	0,52	0,52	0,54	0,58	0,64	0,68	0,70	0,74	0,76	0,80	0,86	0,92	0,96
630	0,56	0,56	0,60	0,62	0,68	0,72	0,74	0,78	0,82	0,84	0,92	0,96	I,02
720	0,60	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,82	0,86	0,90	0,96	I,02	I,06

($d_{тр2}$)

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Справочное

Ориентировочный выбор диаметров и количества спутников n для продуктопроводов, расположенных в помещении и на открытом воздухе

$d_{сп}\cdot10^3$, м	$t_{сп}$, °С	n	t_0 = +10°С											t_0 = −40°С										
			$d_{тр}\cdot10^3$, м											$d_{тр}\cdot10^3$, м										
			89	108	159	219	273	325	377	426	529	630	720	89	108	159	219	273	325	377	426	529	630	720
			$t_{тр}$, °С											$t_{тр}$, °С										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	180	1	115	110	105	105	90	85	80	75	70	60	60	100	95	85	75	60	55	50	50	40	30	25
		2	–	135	130	125	115	110	110	100	100	90	90	–	125	115	110	100	85	95	75	75	60	60
	150	1	100	95	90	90	75	70	65	65	60	50	50	80	80	70	60	50	45	40	35	25	20	15
		2	–	115	110	105	95	90	95	85	85	75	75	–	105	95	90	80	70	75	60	60	50	50
	130	1	85	80	80	75	65	60	60	55	50	45	45	70	65	60	50	40	35	30	30	20	15	10
		2	–	100	95	90	85	80	80	75	70	65	65	–	90	80	75	65	60	65	50	50	40	40
	110	1	75	70	65	65	55	55	50	50	45	40	40	55	55	45	40	30	30	20	20	10	5	5
		2	–	85	80	75	70	65	70	65	60	55	55	–	70	65	60	55	45	50	40	40	30	30
	90	1	60	60	55	55	45	45	40	40	35	35	30	40	40	35	30	20	20	15	10	5	–	–
25		2	–	70	65	65	60	55	55	50	50	45	45	–	60	50	45	40	35	40	30	30	20	20
	70	1	45	45	45	45	35	35	35	30	30	25	25	30	30	20	20	10	10	5	5	–	–	–
		2	–	55	50	50	45	45	45	40	40	35	35	–	45	35	35	30	25	25	20	20	10	10
	60	1	40	40	40	35	35	30	30	30	25	25	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		2	–	45	45	40	40	40	40	35	35	35	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	50	I	35	35	30	30	30	25	25	25	25	20	20	I5	I5	I0	5	–	–	–	–	–	–	–
		2	–	40	35	35	35	30	35	30	30	30	30	–	25	25	20	I5	I0	I5	I0	I0	–	–
	40	I	30	30	25	25	25	20	20	20	20	20	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		2	–	30	30	30	30	25	30	25	25	25	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	30	I	20	20	20	20	20	20	I5	I5	I5	I5	I5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		2	–	25	25	20	20	20	20	20	20	20	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	I80	I	I20	I25	II5	I05	95	95	85	80	75	70	65	I00	II0	I00	85	75	70	60	55	45	35	30
		2	–	I40	I35	I30	I25	I20	I20	II0	I05	I05	95	–	I30	I20	II5	II0	I00	I00	90	85	85	70
	I50	I	I00	I05	95	85	80	80	75	70	65	60	55	85	90	80	65	60	55	45	40	30	25	20
		2	–	II5	II0	II0	I00	I00	I00	90	90	90	75	–	I05	I00	95	85	80	80	70	65	70	55
	I30	I	90	90	85	75	70	70	65	60	55	50	50	70	75	70	60	50	45	40	30	25	20	I5
		2	–	I00	95	95	90	85	85	80	75	75	70	–	90	85	80	75	70	70	60	55	60	45
	II0	I	75	75	70	65	60	60	55	50	45	45	40	60	60	55	45	40	35	30	25	20	I0	I0
		2	–	85	80	80	75	75	75	70	65	65	60	–	75	70	65	60	55	55	50	45	45	35
	90	I	60	65	60	55	50	50	45	45	40	35	35	45	50	45	35	30	25	20	I5	I0	5	–
		2	–	70	65	65	60	60	60	55	55	55	45	–	60	55	50	45	40	40	35	30	35	25
	70	I	50	50	45	40	40	40	35	35	30	30	30	30	35	30	20	20	I5	I0	5	–	–	–
		2	–	55	55	50	50	45	45	45	40	45	40	–	45	40	35	35	30	30	25	20	25	I5
	60	I	40	45	40	35	35	35	30	30	30	25	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		2	–	50	45	45	40	40	40	40	35	40	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	50	I	35	35	35	30	30	30	30	25	25	25	20	20	20	I5	I0	5	5	–	–	–	–	–
		2	–	40	40	35	35	35	35	35	30	30	30	–	30	25	25	20	I5	I5	I0	I0	I0	5
	40	I	30	30	30	25	25	25	25	20	20	20	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		2	–	30	30	30	30	30	30	25	25	25	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

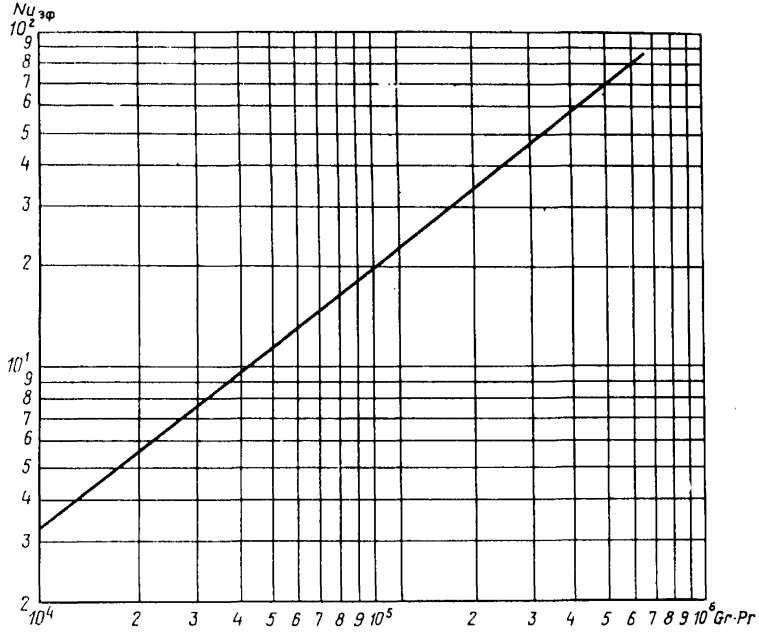
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	30	I	20	25	20	20	20	20	20	I5	I5	I5	I5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	25	25	25	20	20	20	20	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I80	I	I25	I30	I20	II0	I05	I00	95	90	85	75	70	II0	II5	I05	90	85	80	70	60	55	45	40
		2	-	I50	I40	I35	I35	I35	I25	I20	II5	II0	II0	-	I40	I30	I20	I20	I20	II0	I05	95	85	85
	I50	I	I05	II0	I00	95	90	85	80	75	70	65	60	90	95	85	75	70	60	55	50	45	35	30
		2	-	I25	II5	II0	II5	II0	I05	I00	95	90	90	-	II5	I05	I00	I00	I00	90	85	80	70	70
	I30	I	90	95	90	80	75	75	70	65	60	55	50	75	80	70	65	55	50	45	40	35	25	20
		2	-	I05	I00	95	I00	95	90	85	85	80	80	-	I00	90	85	85	85	75	70	65	55	55
	II0	I	80	80	75	70	65	60	60	55	50	45	45	60	65	60	50	45	40	35	30	25	20	I5
		2	-	90	85	80	85	80	80	75	70	65	65	-	80	75	70	70	70	60	55	50	45	45
	90	I	65	65	60	55	55	50	50	45	45	40	40	50	50	45	40	35	30	25	20	I5	I0	5
		2	-	75	70	65	70	65	65	60	60	55	55	-	65	60	55	55	55	50	45	40	35	35
45	70	I	50	50	50	45	40	40	40	35	35	30	30	35	40	30	25	20	20	I5	I0	I0	-	-
		2	-	60	55	50	55	50	50	45	45	45	45	-	50	45	40	40	40	35	30	25	25	25
	60	I	45	45	40	40	40	35	35	30	30	30	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	50	45	45	45	45	45	40	40	40	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	I	35	40	35	35	30	30	30	35	25	25	25	20	25	20	I5	I0	5	5	-	-	-	-
		2	-	40	40	40	40	40	35	35	35	30	30	-	30	30	25	25	25	20	20	I5	I0	I0
	40	I	30	30	30	30	25	25	25	25	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	35	30	30	30	30	30	30	30	25	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30	I	25	25	20	20	20	20	20	20	I5	I5	I5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	25	25	25	25	25	20	20	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I80	I	I30	I30	I20	II5	II0	I00	95	90	85	75	60	II5	I20	I05	I00	90	75	70	60	55	45	25
		2	-	I45	I45	I40	I35	I35	I30	I25	II5	I20	I05	-	I40	I40	I25	I25	I25	I20	I05	95	I00	85

Продолжение прил. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	150	1	110	110	100	100	90	85	80	75	70	65	50	95	100	85	80	70	60	55	50	45	35	15
		2	-	120	120	115	115	115	110	105	95	100	90	-	115	115	105	100	100	95	85	75	80	65
	130	1	95	95	90	85	80	75	70	65	60	55	45	80	80	70	65	60	50	45	40	35	25	10
		2	-	105	105	100	100	100	95	90	80	85	80	-	100	100	90	90	85	80	75	65	70	55
	110	1	80	80	75	70	70	60	60	55	55	50	40	65	65	60	55	45	40	35	30	25	20	5
		2	-	90	90	85	85	85	80	75	70	75	65	-	80	80	75	75	70	65	60	50	55	45
	90	1	65	65	60	60	55	50	50	45	45	40	30	50	55	45	40	35	30	25	20	15	10	-
		2	-	75	75	70	70	70	65	60	60	60	55	-	65	65	60	60	55	50	45	40	40	35
	70	1	50	50	50	45	45	40	40	35	35	30	25	45	40	30	30	25	20	15	10	5	5	-
		2	-	55	55	55	55	55	50	50	45	45	45	-	50	50	45	40	40	35	35	25	30	20
	60	1	45	45	40	40	40	35	35	30	30	30	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	50	50	50	45	45	45	40	40	40	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	1	40	35	35	35	30	30	30	25	25	25	20	25	25	20	15	10	5	5	-	-	-	-
		2	-	40	40	40	40	40	35	35	35	35	30	-	30	30	30	25	25	25	20	15	15	10
	40	1	30	30	30	30	25	25	25	25	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	35	35	30	30	30	30	30	25	30	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30	1	25	25	20	20	20	20	20	20	15	15	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	25	25	25	25	25	25	20	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

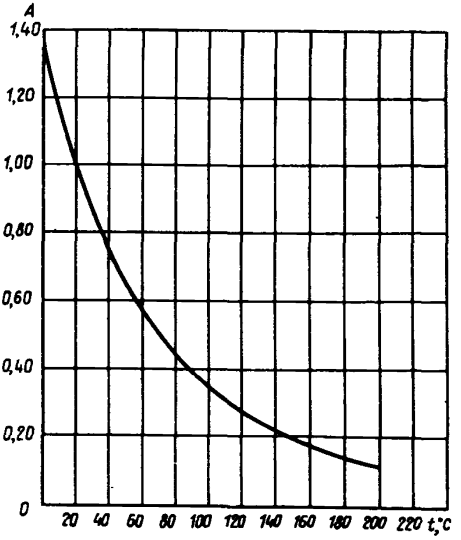
ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Справочное

Зависимость эффективного критерия Нусельта от произведения критериев Грасгофа и Прандтля



ПРИЛОЖЕНИЕ 7
Справочное

Зависимость температурного фактора А от средней температуры



ПРИЛОЖЕНИЕ 8
Справочное

Коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающий воздух $\alpha_н$

Местоположение изолируемого объекта	$\alpha_н$, Вт/м^2·град ($\alpha_г$·1,16 ккал/м^2·ч·град) для трубопроводов и оборудования диаметром, м	
	$d \leqslant 2$	$d \geqslant 2$
На открытом воздухе	29	34,8
В помещении и тоннелях для изоляции с покрытиями, имеющими коэффициент излучения:		
С = 1,2÷2,3 Вт/м^2·град^4	5,8	7,0
С = 4,6÷5,3 Вт/м^2·град^4	10,5	11,6
В непроходных каналах	8,1	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 9
Справочное

Удельные термические сопротивления

Таблица I

Значения R_t

$d_{сп} \cdot 10^3$, м	$t_{сп}$, °С	Температура продуктопровода $t_{пр}$, °С						
		30	50	70	90	I00	I20	I30
		R_t, м·град/Вт (R_t ·0,86 м·ч·град/ккал)						
25	40	0,86	–	–	–	–	–	–
	70	0,63	0,74	–	–	–	–	–
	90	0,57	0,64	0,76	–	–	–	–
	I20	0,53	0,59	0,66	0,76	0,83	–	–
	I50	0,5I	0,57	0,63	0,7I	0,74	0,84	0,9I
32	40	0,52	–	–	–	–	–	–
	70	0,37	0,44	–	–	–	–	–
	90	0,34	0,39	0,46	–	–	–	–
	I20	0,32	0,35	0,40	0,46	0,49	–	–
	I50	0,30	0,34	0,38	0,42	0,44	0,50	0,54
45	40	0,23	–	–	–	–	–	–
	70	0,I8	0,I9	–	–	–	–	–
	90	0,I5	0,I7	0,20	–	–	–	–
	I20	0,I4	0,I5	0,I7	0,20	0,2I	–	–
	I50	0,I3	0,I5	0,I6	0,I8	0,I9	0,22	0,23
57	40	0,I6	–	–	–	–	–	–
	70	0,II	0,I3	–	–	–	–	–
	90	0,I0	0,II	0,I4	–	–	–	–
	I20	0,I0	0,I0	0,I2	0,I4	0,I5	–	–
	I50	0,I0	0,I0	0,II	0,I3	0,I5	0,I6	–

Таблица 2

Значения R_4

$d_{тр} \cdot 10^3$, м	Диаметр спутника $d_{сп} \cdot 10^3$, м			
	25	32	45	57
	R_4, м·град/Вт ($R_4 \cdot 0{,}86$ м·ч·град/ккал)			
45	0,81	0,76	0,70	0,67
57	0,70	0,66	0,60	0,57
89	0,55	0,51	0,46	0,43
108	0,49	0,46	0,40	0,39
159	0,40	0,37	0,33	0,31
219	0,34	0,31	0,27	0,26
273	0,30	0,28	0,24	0,22
325	0,28	0,25	0,22	0,21
377	0,26	0,23	0,20	0,19
426	0,24	0,22	0,19	0,18
529	0,22	0,20	0,17	0,16
630	0,20	0,18	0,16	0,15
720	0,18	0,16	0,15	0,14

Продолжение прил. 9

Таблица 3

Значения R_2

$d_{тр} \cdot 10^3$, м	Расчетный коэффициент теплопроводности в конструкции															
	0,058					0,08I					0,I4					
	Толщина изоляции															
	20	40	60	I00	I20	20	40	60	I00	I20	20	40	60	I00	I20	
	Диаметр спутника $d_{сп}$ = 0,025 м															
	R_2, м·град/Вт ($R_2 \cdot 0,8$															
45	2,78	4,I0	5,II	6,46	6,95	2,2I	3,I6	3,85	4,8I	5,I5	I,6I	2,I4	2,55	3,09	3,29	
57	2,74	4,I3	5,I8	6,65	7,I9	2,I8	3,33	3,90	4,94	5,32	I,58	2,I4	2,56	3,I6	3,38	
89	2,6I	4,03	5,20	6,87	7,53	2,06	3,07	3,88	5,09	5,55	I,50	2,07	2,55	3,23	3,49	
I08	2,52	3,95	5,II	6,90	7,59	2,00	3,0I	3,84	5,I0	5,59	I,45	2,03	2,50	3,23	3,5I	
I59	2,3I	3,7I	4,89	6,80	7,59	I,83	2,8I	3,66	5,02	5,57	I,32	I,89	2,37	3,I6	3,48	
2I9	2,I2	3,44	4,6I	6,57	7,4I	I,68	2,6I	3,45	4,84	5,43	I,20	I,75	2,23	3,04	3,37	
273	I,97	3,25	4,39	6,34	7,I8	I,56	2,46	3,28	4,66	5,26	I,I3	I,65	2,I2	2,92	3,27	
325	I,84	3,08	4,I8	6,I2	6,98	I,46	2,33	3,I2	4,50	5,II	I,06	I,56	2,02	2,8I	3,I7	
377	I,76	2,94	4,0I	5,92	6,76	I,39	2,22	2,99	4,35	4,95	I,00	I,48	I,93	2,7I	3,06	
426	I,68	2,8I	3,85	5,74	6,58	I,32	2,I2	2,87	4,2I	4,8I	0,96	I,42	I,86	2,63	2,98	
529	I,63	2,60	3,59	5,39	6,2I	I,2I	I,96	2,68	3,97	4,54	0,88	I,3I	I,72	2,47	2,8I	
630	I,44	2,43	3,38	5,I0	5,90	I,I4	I,83	2,50	3,74	4,32	0,82	I,22	I,6I	2,33	2,67	
720	I,35	2,30	3,20	4,89	5,66	I,07	I,75	2,38	3,59	4,I4	0,77	I,I8	I,53	2,23	2,55	
	Диаметр спутника $d_{сп}$ = 0,045 м															
45	I,89	2,89	3,67	4,80	5,22	I,50	2,2I	2,76	3,56	3,86	I,09	I,50	I,82	2,27	2,44	
57	I,88	2,90	3,72	5,07	5,37	I,49	2,2I	2,79	3,64	3,97	I,08	I,49	I,82	2,3I	2,50	
89	I,82	2,86	3,72	5,04	5,56	I,43	2,I7	2,78	3,73	4,09	I,04	I,46	I,82	2,36	2,57	
I08	I,76	2,8I	3,68	5,06	5,6I	I,39	2,I3	2,76	3,73	4,I3	I,02	I,44	I,79	2,36	2,58	
I59	I,65	2,68	3,55	5,0I	5,6I	I,3I	2,03	2,66	3,69	4,I2	I,20	I,36	I,72	2,3I	2,56	
2I9	I,53	2,5I	3,38	4,86	5,50	I,2I	I,90	2,52	3,58	4,03	0,83	I,27	I,63	2,25	2,50	
273	I,44	2,38	3,23	4,70	5,35	I,I4	I,8I	2,42	3,47	3,92	0,83	I,2I	I,56	2,I7	2,43	
325	I,36	2,27	3,I0	4,57	5,2I	I,08	I,72	2,3I	3,35	3,8I	0,78	I,I5	I,49	2,I0	2,37	
377	I,30	2,I8	2,98	4,42	5,07	I,02	I,65	2,22	3,25	3,7I	0,74	I,I0	I,43	2,03	2,30	
426	I,25	2,I0	2,88	4,30	4,94	0,98	I,59	2,I4	3,I6	3,62	0,7I	I,08	I,39	I,97	2,24	
529	I,I5	I,94	2,69	4,06	4,69	0,9I	I,48	2,00	2,98	3,42	0,65	0,99	I,30	I,87	2,I2	
630	I,08	I,82	2,54	3,85	4,46	0,85	I,39	I,89	2,83	3,27	0,6I	0,93	I,22	I,76	2,02	
720	I,02	I,74	2,42	3,70	4,29	0,80	I,32	I,8I	2,72	3,I4	0,59	0,88	I,I6	I,69	I,94	

$\lambda_{из}$, Вт/м·град ($\lambda_{из}$·I,I6 ккал/м·ч·град)																
0,058					0,08I					0,I4						
$\delta_{из} \cdot I0^3$, м																
20	40	60	I00	I20	20	40	60	I00	I20	20	40	60	I00	I20		
Диаметр спутника $d_{сп}$ = 0,032 м																
м·ч·град/ккал)																
2,43	3,64	4,54	5,82	6,29	I,93	2,78	3,42	4,33	4,65	I,40	I,89	2,25	2,77	2,96		
2,40	3,65	4,60	5,97	6,48	I,90	2,78	3,47	4,43	4,79	I,39	I,88	2,27	2,83	3,04		
2,30	3,58	4,60	6,I7	6,76	I,82	2,73	3,46	4,56	5,00	I,32	I,83	2,25	2,89	3,I4		
2,22	3,5I	4,56	6,I8	6,82	I,76	2,67	3,4I	4,58	5,03	I,27	I,80	2,22	2,89	3,I5		
2,06	3,30	4,37	6,II	6,8I	I,63	2,5I	3,27	4,50	5,0I	I,I8	I,69	2,I2	2,83	3,I2		
I,88	3,08	4,I4	5,9I	6,66	I,49	2,34	3,09	4,35	4,89	I,08	I,57	2,00	2,73	3,04		
I,77	2,9I	3,94	5,70	6,48	I,39	2,20	2,94	4,20	4,75	I,0II,47	I,90	2,62	2,94			
I,66	2,76	3,76	5,5I	6,29	I,32	2,I0	2,80	4,05	4,6I	0,96	I,40	I,82	2,54	2,86		
I,58	2,64	3,60	5,34	6,II	I,25	2,00	2,69	3,92	4,47	0,90	I,34	I,74	2,I5	2,77		
I,5I	2,53	3,48	5,I8	5,94	I,I9	I,92	2,60	3,80	4,34	0,86	I,28	I,67	2,37	2,68		
I,39	2,34	3,23	4,88	5,62	I,09	I,77	2,42	3,58	4,II	0,79	I,I8	I,56	2,23	2,55		
I,30	2,I9	3,04	4,62	5,35	I,02	I,66	2,27	3,39	3,9I	0,74	I,II	I,46	2,II	2,42		
I,22	2,08	2,90	4,42	5,I3	0,96	I,57	2,I6	3,24	3,75	0,70	I,05	I,39	2,02	2,3I		
Диаметр спутника $d_{сп}$ = 0,057 м																
I,69	2,6I	3,33	4,40	4,80	I,34	I,99	2,50	3,26	3,54	0,97	I,34	I,68	2,07	2,24		
I,68	2,6I	3,35	4,49	4,92	I,34	I,99	2,52	3,32	3,63	0,96	I,34	I,65	2,II	2,28		
I,62	2,57	3,35	4,59	5,09	I,28	I,95	2,5I	3,39	3,74	0,94	I,32	I,64	2,I4	2,34		
I,59	2,53	3,33	4,63	5,I3	I,26	I,93	2,49	3,40	3,77	0,90	I,30	I,63	2,I4	2,36		
I,49	2,42	3,26	4,57	5,I3	I,I8	I,83	2,42	3,36	3,76	0,85	I,23	I,57	2,II	2,34		
I,39	2,28	3,08	4,44	5,02	I,09	I,74	2,30	3,27	3,69	0,79	I,I6	I,49	2,05	2,29		
I,3I	2,I8	2,95	4,3I	4,90	I,03	I,65	2,20	3,I7	3,60	0,75	I,I0	I,43	I,99	2,23		
I,25	2,08	2,84	4,I8	4,77	0,98	I,57	2,I2	3,07	3,50	0,7I	I,05	I,36	I,92	2,I7		
I,I9	2,00	2,73	4,06	4,65	0,94	I,5I	2,04	2,98	3,4I	0,67	I,0I	I,3I	I,86	2,II		
I,I4	I,92	2,64	3,95	4,54	0,90	I,45	I,97	2,90	3,32	0,65	0,97	I,27	I,8I	2,05		
I,06	I,79	2,48	3,73	4,32	0,83	I,35	I,85	2,74	3,I6	0,60	0,90	I,I9	I,70	I,94		
0,99	I,68	2,34	3,55	4,II	0,78	I,27	I,75	2,6I	3,0I	0,57	0,85	I,I3	I,63	I,85		
0,94	I,60	2,23	3,4I	3,96	0,74	I,2I	I,67	2,50	2,89	0,53	0,8I	I,07	I,56	I,79		

Продолжение прил. 4

Таблица 4

Значения $R_з$

$d_{тр} \cdot 10^3$, м	Расчетный коэффициент теплопроводности в конструкции														
	0,058					0,08I					0,I4				
	Толщина изоляции														
	20	40	60	I00	I20	20	40	60	I00	I20	20	40	60	I00	I20
	Диаметр спутника $d_{сп}$ = 0,025 м														
	$R_з$, м·град/Вт														
45	3,74	5,77	7,24	9,37	I0,I8	2,74	4,I7	5,2I	6,7I	7,29	I,70	2,50	3,I0	3,95	4,28
57	2,86	4,53	5,78	7,6I	8,33	2,II	3,29	4,I6	5,46	5,97	I,32	I,97	2,48	3,22	3,5I
89	I,75	2,9I	3,8I	5,2I	5,77	I,30	2,II	2,74	3,73	4,I4	0,8I	I,27	I,64	2,20	2,43
I08	I,43	2,40	3,I8	4,4I	4,92	I,05	I,74	2,30	3,I7	3,53	0,66	I,05	I,37	I,87	2,06
I59	0,94	I,63	2,2I	3,I7	3,57	0,70	I,I8	I,59	2,28	2,56	0,44	0,7I	0,96	I,34	I,5I
2I9	0,66	I,I8	I,63	2,39	2,72	0,49	0,85	I,I7	I,72	I,95	0,3I	0,53	0,7I	I,02	I,I5
273	0,53	0,94	I,32	I,96	2,25	0,39	0,68	0,96	I,4I	I,62	0,24	0,4I	0,57	0,83	0,96
325	0,44	0,79	I,II	I,68	I,93	0,32	0,58	0,80	I,20	I,39	0,2I	0,35	0,48	0,72	0,82
377	0,37	0,68	0,96	I,5I	I,69	0,28	0,49	0,70	I,05	I,2I	0,I7	0,30	0,4I	0,62	0,7I
426	0,33	0,55	0,85	I,3I	I,5I	0,24	0,44	0,6I	0,94	I,08	0,I6	0,27	0,37	0,56	0,64
529	0,26	0,48	0,68	I,06	I,24	0,I9	0,35	0,50	0,77	0,89	0,I2	0,22	0,30	0,46	0,53
630	0,22	0,40	0,58	0,89	I,05	0,I6	0,22	0,4I	0,65	0,76	0,I0	0,I8	0,25	0,39	0,45
720	0,I9	0,35	0,5I	0,79	0,93	0,I4	0,26	0,36	0,57	0,66	0,09	0,I6	0,22	0,34	0,39
	Диаметр спутника $d_{сп}$ = 0,045 м														
45	4,45	6,85	8,62	II,I4	I2,II	3,26	4,96	6,I9	7,98	8,66	2,03	2,98	3,68	4,70	5,09
57	3,36	5,32	6,78	5,69	9,76	2,47	3,84	4,88	6,40	6,99	I,54	2,3I	2,90	3,77	4,II
89	2,00	3,3I	4,35	5,94	6,58	I,48	2,40	3,I3	4,26	4,7I	0,92	I,45	I,87	2,5I	2,77
I08	I,60	2,70	3,59	4,98	5,55	I,I8	I,95	2,59	3,58	3,98	0,74	I,I8	I,54	2,II	2,35
I59	I,04	I,80	2,44	3,50	3,96	0,77	I,3I	I,76	2,5I	2,83	0,36	0,79	I,05	I,49	I,67
2I9	0,72	I,28	I,78	2,6I	2,97	0,54	0,93	I,28	I,87	2,I2	0,34	0,57	0,77	I,II	I,26
273	0,57	I,02	I,42	2,I2	2,43	0,42	0,74	I,02	I,52	I,74	0,27	0,45	0,62	0,90	I,02
325	0,46	0,84	I,I9	I,9I	2,09	0,36	0,62	0,86	I,29	I,49	0,22	0,37	0,52	0,78	0,88
377	0,40	0,73	I,02	I,56	I,79	0,30	0,53	0,74	I,II	I,29	0,I9	0,32	0,44	0,67	0,76
426	0,35	0,63	0,88	I,39	I,6I	0,25	0,46	0,65	0,99	I,I5	0,I6	0,28	0,39	0,58	0,68
529	0,28	0,5I	0,72	I,I9	I,3I	0,2I	0,37	0,53	0,8I	0,94	0,I3	0,22	0,33	0,49	0,55
630	0,22	0,43	0,62	0,95	I,I0	0,I6	0,32	0,44	0,69	0,80	0,I0	0,I9	0,28	0,40	0,47
720	0,I9	0,38	0,53	0,82	0,97	0,I5	0,27	0,38	0,60	0,70	0,I0	0,I6	0,24	0,36	0,4I

$\lambda_{из}$, Вт/м·град ($\lambda_{из}$·I,I6 ккал/м·ч·град)															
0,058					0,08I					0,I4					
$\delta_{из} \cdot I0^3$, м															
20	40	60	I00	I20	20	40	60	I00	I20	20	40	60	I00	I20	
Диаметр спутника $d_{сп}$ = 0,032 м															
($R_з$·0,86 м·ч·град/ккал)															
3,97	6,I2	7,69	9,94	I0,8I	2,9I	4,42	5,53	7,I3	7,74	I,82	2,66	3,29	4,20	4,55	
3,03	4,79	6,II	8,04	8,79	2,22	3,47	4,40	5,77	6,30	I,39	2,08	2,6I	3,40	3,7I	
I,84	3,04	3,99	5,44	6,04	I,35	2,20	2,88	3,90	4,32	0,85	I,32	I,7I	2,3I	2,49	
I,48	2,49	3,3I	4,60	5,I3	I,09	I,8I	2,39	3,30	3,67	0,65	I,09	I,43	I,94	2,I5	
0,96	I,68	2,29	3,28	3,69	0,7I	I,22	I,65	2,35	2,65	0,46	0,74	0,98	I,39	I,57	
0,68	I,2I	I,68	2,46	2,80	0,50	0,88	I,2I	I,77	2,00	0,32	0,53	0,72	I,05	I,I8	
0,54	0,97	I,35	2,0I	2,3I	0,40	0,7I	0,97	I,45	I,65	0,25	0,42	0,59	0,85	0,97	
0,45	0,8I	I,I4	I,7I	I,97	0,33	0,59	0,83	I,23	I,42	0,2I	0,36	0,49	0,73	0,84	
0,38	0,70	0,98	I,50	I,72	0,28	0,50	0,7I	I,06	I,23	0,I8	0,3I	0,42	0,63	0,72	
0,33	0,6I	0,87	I,33	I,54	0,25	0,45	0,63	0,96	I,I0	0,I6	0,28	0,38	0,57	0,66	
0,27	0,49	0,70	I,08	I,26	0,I9	0,35	0,5I	0,78	0,90	0,I2	0,22	0,30	0,46	0,53	
0,22	0,40	0,59	0,9I	I,07	0,I6	0,29	0,42	0,67	0,77	0,I0	0,I9	0,25	0,39	0,46	
0,I9	0,35	0,50	0,80	0,94	0,I4	0,26	0,37	0,58	0,67	0,09	0,I6	0,22	0,34	0,40	
Диаметр спутника $d_{сп}$ = 0,057 м															
4,70	7,24	9,09	II,76	I2,78	3,44	5,23	6,55	8,43	9,I5	2,I4	3,I4	3,89	4,96	5,38	
3,54	5,58	7,I2	9,39	I0,26	2,60	4,04	5,I3	6,73	7,35	I,62	2,43	3,04	3,97	4,33	
2,I0	3,46	4,54	6,I9	6,86	I,54	2,50	3,27	4,45	4,92	0,96	I,5I	I,94	2,62	2,89	
I,67	2,8I	3,73	5,I8	5,77	I,23	2,04	2,69	3,72	4,I4	0,77	I,23	I,6I	2,20	2,43	
I,07	I,86	2,53	3,62	4,09	I,79	I,35	I,82	2,60	2,92	0,49	0,82	I,08	I,54	I,73	
0,75	I,32	I,82	2,68	3,04	0,55	0,96	I,32	I,93	2,I8	0,35	0,59	0,79	I,I4	I,30	
0,59	I,05	I,45	2,I8	2,49	0,47	0,76	I,05	I,56	I,79	0,28	0,46	0,63	0,93	I,06	
0,47	0,86	I,22	I,83	2,I3	0,35	0,63	0,90	I,32	I,52	0,22	0,38	0,53	0,78	0,89	
0,4I	0,74	I,05	I,58	I,84	0,30	0,54	0,76	I,I4	I,3I	0,I9	0,33	0,45	0,67	0,78	
0,35	0,65	0,9I	I,4I	I,58	0,26	0,47	0,66	I,02	I,I7	0,I7	0,28	0,39	0,60	0,70	
0,28	0,52	0,74	I,I4	I,36	0,2I	0,38	0,53	0,82	0,96	0,I3	0,23	0,32	0,49	0,57	
0,23	0,42	0,62	0,96	I,I6	0,I6	0,3I	0,45	0,70	0,8I	0,I0	0,I9	0,27	0,4I	0,47	
0,20	0,37	0,53	0,84	0,98	0,I5	0,27	0,39	0,6I	0,7I	0,I0	0,I6	0,23	0,36	0,4I	

ПРИЛОЖЕНИЕ 10
Справочное
Таблица 1

Зависимость толщины теплоизоляции $\delta_{из}$, удельного термического сопротивления теплоотдачи R_I и безразмерной температуры воздуха в пространстве, ограниченном изоляцией, $\varphi_в$ от диаметров продуктопровода и спутника

Движущийся продукт – один спутник; с температурой $t_{сп} = 85^{\circ}C$

$d_{пр} \cdot 10^3$, м	$d_{сп} \cdot 10^3$, м	Безразмерная температура продуктопровода $\varphi_{пр}$																					
		0,1			0,2			0,3			0,4			0,5			0,6			0,7			0,8		
		$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_I, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_I, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_I, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_I, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_I, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_I, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_I, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_I, $\frac{м \cdot град}{Вт}$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23	24	25	26
45	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I7	0,67	0,63	34	0,73	0,67	84	0,79	0,7I	–	–	–
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20	0,76	0,40	43	0,82	0,43	I4I	0,87	0,46
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I0	0,80	0,20	22	0,85	0,2I	56	0,90	0,22
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I4	0,87	0,I3	36	0,9I	0,I4
57	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I0	0,60	0,59	2I	0,67	0,63	4I	0,73	0,67	98	0,79	0,7I	–	–	–
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I2	0,7I	0,38	23	0,76	0,40	5I	0,52	0,43	I6I	0,87	0,46
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	II	0,8I	0,20	23	0,86	0,2I	56	0,90	0,22
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I7	0,87	0,I3	4I	0,9I	0,I4
89	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I6	0,60	0,59	3I	0,66	0,63	57	0,72	0,67	I32	0,79	0,7I	–	–	–
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I0	0,65	0,35	I8	0,70	0,38	33	0,76	0,40	69	0,8I	0,43	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I6	0,8I	0,20	3I	0,86	0,2I	75	0,9	0,22
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I2	0,84	0,I2	24	0,87	0,I3	54	0,9I	0,I4
I08	25	–	–	–	–	–	–	I0	0,53	0,56	I9	0,59	0,59	35	0,65	0,63	66	0,72	0,67	I5I	0,79	0,7I	–	–	–
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	II	0,64	0,35	22	0,70	0,38	39	0,75	0,40	80	0,8I	0,43	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	II	0,77	0,I6	I9	0,8I	0,20	36	0,85	0,2I	85	0,90	0,22
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I5	0,83	0,I2	22	0,80	0,I3	62	0,9I	0,I4
I59	25	–	–	–	–	–	–	I5	0,5I	0,56	27	0,57	0,59	49	0,65	0,63	9I	0,7I	0,67	–	–	–	–	–	–
	32	–	–	–	–	–	–	I0	0,57	0,34	I7	0,63	0,35	30	0,69	0,38	53	0,75	0,40	I06	0,8I	0,43	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I5	0,76	0,I6	26	0,80	0,20	48	0,85	0,2I	II0	0,90	0,22
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	II	0,79	0,II	20	0,87	0,I2	37	0,87	0,I3	8I	0,9I	0,I4
2I9	25	–	–	–	I0	0,43	0,53	2I	0,50	0,56	36	0,56	0,59	64	0,73	0,63	7I	0,78	0,67	–	–	–	–	–	–
	32	–	–	–	–	–	–	I3	0,56	0,34	23	0,62	0,35	40	0,68	0,38	69	0,74	0,40	I36	0,80	0,43	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I2	0,7I	0,I6	20	0,75	0,I6	34	0,80	0,20	62	0,84	0,2I	I37	0,89	0,22
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I5	0,78	0,II	26	0,82	0,I2	47	0,86	0,I3	I00	0,9I	0,I4

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4
273	25	–	–	–	I3	0,42	0,53	25	0,49	0,56	45	0,56	**0,50**
	32	–	–	–	–	–	–	I5	0,55	0,34	28	0,6I	**0,35**
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I4	0,70	**0,I6**
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	II	0,74	**0,I0**
325	25	–	–	–	I5	0,4I	0,53	29	0,48	0,56	52	0,55	0,59
	32	–	–	–	I0	0,48	0,32	I9	0,54	0,34	33	0,60	0,35
	45	–	–	–	–	–	–	I0	0,64	0,I5	I7	0,69	0,I6
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I2	0,73	0,I0
377	25	–	–	–	I8	0,4I	0,53	34	0,48	0,56	59	0,55	0,59
	32	–	–	–	II	0,47	0,32	22	0,53	0,34	38	0,59	0,35
	45	–	–	–	–	–	–	I2	0,62	0,I5	2I	0,67	0,I6
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I5	0,72	0,I0
426	25	–	–	–	I9	0,40	0,53	38	0,47	0,56	66	0,54	0,59
	32	–	–	–	I2	0,46	0,32	24	0,53	0,34	4I	0,59	0,35
	45	–	–	–	–	–	–	I2	0,63	0,I5	2I	0,69	0,I6
	57	–	–	–	–	–	–	I0	0,68	0,I0	I6	0,72	0,I0
529	25	–	–	–	24	0,39	0,53	46	0,46	0,56	80	0,53	0,59
	32	–	–	–	I5	0,45	0,32	29	0,5I	0,34	50	0,57	0,35
	45	–	–	–	–	–	–	I4	0,62	0,I5	25	0,67	0,I6
	57	–	–	–	–	–	–	II	0,66	0,I0	2I	0,7I	0,I0
630	25	II	0,30	0,5I	29	0,38	0,53	54	0,45	0,56	93	0,53	0,59
	32	–	–	–	I8	0,44	0,32	35	0,50	0,34	58	0,57	0,35
	45	–	–	–	–	–	–	I7	0,60	0,I5	29	0,66	0,I6
	57	–	–	–	–	–	–	I3	0,65	0,I0	22	0,70	0,I0
720	25	–	–	–	33	0,37	0,53	62	0,45	0,56	I06	0,52	0,59
	32	–	–	–	2I	0,43	0,32	39	0,50	0,34	66	0,57	0,35
	45	–	–	–	II	0,52	0,I6	22	0,58	0,I5	37	0,64	0,I6
	57	–	–	–	–	–	–	I5	0,64	0,I0	26	0,69	0,I0

I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23	24	25	26
77	0,63	0,63	I4I	0,70	0,67	–	–	–	–	–	–
47	0,67	0,38	83	0,73	0,40	I6I	0,80	0,43	–	–	–
24	0,74	0,I6	4I	0,80	0,20	73	0,84	0,2I	I6I	0,89	0,22
I9	0,76	0,II	3I	0,82	0,I2	56	0,86	0,I3	II7	0,90	0,I4
89	0,62	0,63	I63	0,69	0,67	–	–	–	–	–	–
55	0,66	0,38	95	0,73	0,40	–	–	–	–	–	–
27	0,74	0,I6	46	0,79	0,20	84	0,84	0,2I	–	–	–
2I	0,77	0,II	36	0,8I	0,I2	64	0,85	0,I3	I32	0,90	0,I4
I02	0,62	0,63	–	–	–	–	–	–	–	–	–
63	0,66	0,38	I09	0,72	0,40	–	–	–	–	–	–
35	0,72	0,I6	59	0,77	0,20	I05	0,82	0,2I	–	–	–
25	0,76	0,II	4I	0,8I	0,I2	7I	0,85	0,I3	I48	0,90	0,I4
II3	0,6I	0,63	–	–	–	–	–	–	–	–	–
69	0,65	0,38	I20	0,72	0,40	–	–	–	–	–	–
35	0,73	0,I6	58	0,78	0,20	I03	0,83	0,2I	–	–	–
27	0,76	0,II	44	0,80	0,I2	78	0,85	0,I3	I6I	0,90	0,I4
I37	0,6I	0,63	–	–	–	–	–	–	–	–	–
84	0,65	0,38	I43	0,7I	0,40	–	–	–	–	–	–
42	0,72	0,I6	69	0,77	0,20	I22	0,82	0,2I	–	–	–
32	0,75	0,II	53	0,80	0,I2	92	0,84	0,I3	–	–	–
I60	0,60	0,63	–	–	–	–	–	–	–	–	–
98	0,64	0,38	–	–	–	–	–	–	–	–	–
48	0,7I	0,I6	79	0,76	0,20	I40	0,82	0,2I	–	–	–
37	0,74	0,II	6I	0,79	0,I2	I05	0,84	0,I3	–	–	–
I80	0,60	0,63	–	–	–	–	–	–	–	–	–
II0	0,63	0,38	–	–	–	–	–	–	–	–	–
60	0,69	0,I6	99	0,75	0,20	–	–	–	–	–	–
42	0,74	0,II	68	0,78	0,I2	II7	0,83	0,I3	–	–	–

$d_{тр} \cdot 10^3$, м	$d_{сп} \cdot 10^3$, м	Движущийся продукт – два									
		Безразмерная температура									
		0,2			0,3			0,4			
		$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
45	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
57	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
89	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I3
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
I08	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I5
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
I59	25	–	–	–	–	–	–	II	0,58	0,29	2I
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I3
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2I9	25	–	–	–	–	–	–	I5	0,56	0,29	2I
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I7
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
273	25	–	–	–	I0	0,47	0,28	I9	0,54	0,29	32
	32	–	–	–	–	–	–	I2	0,60	0,I8	20
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	II
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

спутника с температурой $t_{сп} = 85^{\circ}C$											
продуктопровода $\varphi_{тр}$											
0,5		0,6			0,7			0,8			
φ	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1 $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1 $\frac{м \cdot град}{Вт}$	
I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23	
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
–	–	I7	0,75	0,34	35	0,8I	0,36	I00	0,87	0,39	
–	–	I0	0,79	0,20	2I	0,83	0,22	54	0,89	0,23	
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
0,68	0,32	24	0,73	0,34	48	0,80	0,36	I28	0,86	0,39	
–	–	I5	0,77	0,20	29	0,83	0,22	70	0,88	0,23	
–	–	–	–	–	I7	0,87	0,I0	38	0,9I	0,II	
–	–	–	–	–	I2	0,89	0,06	27	0,92	0,07	
0,67	0,32	27	0,73	0,34	54	0,79	0,36	I44	0,86	0,39	
–	–	I7	0,77	0,20	33	0,82	0,22	79	0,88	0,23	
–	–	–	–	–	I9	0,86	0,I0	42	0,90	0,II	
–	–	–	–	–	I4	0,89	0,06	30	0,92	0,07	
0,65	0,32	37	0,7I	0,34	7I	0,78	0,36	–	–	–	
0,70	0,I9	23	0,75	0,20	43	0,8I	0,22	99	0,87	0,23	
–	–	I3	0,8I	0,I0	25	0,85	0,I0	53	0,90	0,II	
–	–	–	–	–	I8	0,88	0,06	38	0,92	0,07	
0,63	0,32	47	0,7D	0,34	90	0,77	0,36	–	–	–	
0,68	0,I9	30	0,73	0,20	55	0,80	0,22	I22	0,86	0,23	
–	–	I7	0,79	0,I0	3I	0,84	0,I0	65	0,89	0,II	
–	–	I2	0,83	0,06	22	0,87	0,06	46	0,9I	0,07	
0,6I	0,32	56	0,69	0,34	I07	0,75	0,36	–	–	–	
0,66	0,I9	35	0,72	0,20	64	0,79	0,22	I42	0,86	0,23	
0,73	0,I0	20	0,78	0,I0	36	0,83	0,I0	74	0,88	0,II	
–	–	I4	0,82	0,06	26	0,86	0,06	52	0,90	0,07	

Продолжение табл. 2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23
325	25	–	–	–	I2	0,46	0,28	22	0,53	0,29	38	0,6I	0,32	65	0,68	0,34	I22	0,75	0,36	–	–	–
	32	–	–	–	–	–	–	I4	0,59	0,I8	24	0,65	0,I9	40	0,7I	0,20	73	0,78	0,22	I60	0,85	0,23
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I3	0,72	0,I0	23	0,77	0,I0	40	0,82	0,I0	83	0,88	0,II
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I6	0,8I	0,06	29	0,85	0,06	57	0,90	0,07
377	25	–	–	–	I4	0,45	0,28	25	0,52	0,29	43	0,60	0,32	73	0,67	0,34	I38	0,75	0,36	–	–	–
	32	–	–	–	–	–	–	I6	0,57	0,I8	27	0,64	0,I9	45	0,7I	0,20	82	0,78	0,22	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I5	0,7I	0,I0	25	0,76	0,I0	45	0,82	0,I0	9I	0,87	0,II
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I0	0,76	0,05	I8	0,80	0,06	32	0,85	0,06	63	0,89	0,07
426	25	–	–	–	I5	0,44	0,28	28	0,5I	0,29	47	0,59	0,32	8I	0,67	0,34	I5I	0,75	0,36	–	–	–
	32	–	–	–	–	–	–	I7	0,56	0,I8	3G	0,63	0,I9	50	0,70	0,20	90	0,77	0,22	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I6	0,70	0,I0	28	0,75	0,I0	49	0,8I	0,I0	99	0,87	0,II
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	II	0,75	0,05	20	0,80	0,06	34	0,84	0,06	68	0,89	0,07
529	25	–	–	–	I9	0,42	0,28	34	0,50	0,29	57	0,58	0,32	98	0,66	0,34	–	–	–	–	–	–
	32	–	–	–	I2	0,47	0,I6	2I	0,54	0,I8	35	0,62	0,I9	59	0,69	0,20	I06	0,76	0,22	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	II	0,63	0,09	I9	0,68	0,I0	33	0,74	0,I0	57	0,80	0,I0	II4	0,86	0,II
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I3	0,73	0,05	23	0,78	0,06	40	0,83	0,06	78	0,88	0,07
630	25	II	0,33	0,27	23	0,4I	0,28	40	0,49	0,28	67	0,57	0,32	II3	0,65	0,34	–	–	–	–	–	–
	32	–	–	–	I4	0,45	0,I6	25	0,53	0,I8	4I	0,60	0,I9	68	0,68	0,20	I22	0,75	0,22	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	I3	0,6I	0,09	22	0,67	0,I0	36	0,73	0,I0	65	0,79	0,I0	I29	0,86	0,II
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I5	0,72	0,05	26	0,77	0,06	45	0,82	0,06	87	0,88	0,07
720	25	I3	0,32	0,27	26	0,40	0,28	45	0,48	0,28	75	0,56	0,32	I27	0,65	0,34	–	–	–	–	–	–
	32	–	–	–	I6	0,45	0,I6	28	0,52	0,I8	46	0,60	0,I9	77	0,67	0,20	I36	0,75	0,22	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	I5	0,59	0,09	25	0,66	0,I0	4I	0,72	0,I0	72	0,79	0,I0	I43	0,85	0,II
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I7	0,7I	0,05	28	0,76	0,06	49	0,82	0,06	95	0,87	0,07

$d_{тр} \cdot 10^3$, м	$d_{сп} \cdot 10^3$, м	Движущийся продукт — Безразмерная — 0,2			0,3			0,4			
		$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
45	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I7
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
57	25	–	–	–	–	–	–	II	0,6I	0,58	2I
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I3
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	54
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
89	25	–	–	–	–	–	–	I6	0,60	0,58	30
	32	–	–	–	–	–	–	I0	0,65	0,34	I9
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
I08	25	–	–	–	I0	0,53	0,54	I9	0,59	0,58	35
	32	–	–	–	–	–	–	I2	0,64	0,34	22
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	II
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
I59	25	–	–	–	I5	0,52	0,54	28	0,56	0,58	49
	32	–	–	–	I0	0,58	0,33	I7	0,63	0,34	30
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I5
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I2
2I9	25	I0	0,44	0,5I	20	0,50	0,54	36	0,57	0,58	63
	32	–	–	–	I3	0,55	0,33	23	0,62	0,34	40
	45	–	–	–	–	–	–	I2	0,7I	0,I5	20
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I6
273	25	I2	0,43	0,5I	25	0,49	0,54	44	0,56	0,58	77
	32	–	–	–	I6	0,55	0,33	28	0,6I	0,34	47
	45	–	–	–	–	–	–	I4	0,70	0,I5	24
	57	–	–	–	–	–	–	II	0,74	0,I0	I9

– один спутник с температурой $t_{сп} = II0^0C$

температура продуктопровода $\varphi_{тр}$

0,5			0,6			0,7			0,8		
$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$
I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23
0,67	0,62	34	0,73	0,67	84	0,79	0,72	–	–	–
–	–	20	0,76	0,40	44	0,82	0,43	I44	0,87	0,46
–	–	I0	0,80	0,20	22	0,85	0,2I	57	0,90	0,23
–	–	–	–	–	I4	0,87	0,I3	36	0,9I	0,I4
0,67	0,62	4I	0,72	0,67	99	0,79	0,72	–	–	–
0,7I	0,37	24	0,76	0,40	52	0,82	0,43	–	–	–
0,78	0,I6	II2	0,8I	0,20	23	0,85	0,2I	58	0,90	0,23
–	–	–	–	–	I8	0,87	0,I3	42	0,9I	0,I4
0,66	0,62	58	0,72	0,67	I34	0,79	0,72	–	–	–
0,70	0,37	34	0,76	0,40	7I	0,8I	0,43	–	–	–
–	–	I7	0,8I	0,20	32	0,86	0,2I	77	0,90	0,23
–	–	I3	0,84	0,I2	25	0,87	0,I3	56	0,9I	0,I4
0,66	0,62	67	0,72	0,67	I53	0,78	0,72	–	–	–
0,70	0,37	40	0,75	0,40	8I	0,8I	0,43	–	–	–
0,77	0,I6	20	0,8I	0,20	37	0,85	0,2I	87	0,90	0,23
–	–	I5	0,83	0,I2	28	0,87	0,I3	63	0,9I	0,I4
0,65	0,62	9I	0,72	0,67	–	–	–	–	–	–
0,69	0,37	54	0,74	0,40	I07	0,80	0,43	–	–	–
0,76	0,I6	27	0,80	0,20	49	0,85	0,2I	II2	0,89	0,23
0,79	0,II	20	0,83	0,I2	38	0,87	0,I3	82	0,9I	0,I4
0,64	0,62	II7	0,70	0,67	–	–	–	–	–	–
0,68	0,37	70	0,74	0,40	I37	0,80	0,43	–	–	–
0,75	0,I6	35	0,80	0,20	63	0,84	0,2I	I39	0,89	0,23
0,78	0,II	27	0,82	0,I2	43	0,86	0,I3	I0I	0,90	0,I4
0,63	0,62	I4I	0,70	0,67	–	–	–	–	–	–
0,67	0,37	8I	0,73	0,40	I62	0,79	0,43	–	–	–
0,74	0,I6	4I	0,79	0,20	74	0,84	0,2I	–	–	–
0,78	0,II	32	0,82	0,I2	56	0,86	0,I3	II8	0,90	0,I4

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23
325	25	I5	0,42	0,5I	29	0,49	0,54	52	0,55	0,58	89	0,62	0,62	I63	0,69	0,67	–	–	–	–	–	–
	32	–	–	–	I8	0,54	0,33	33	0,60	0,34	55	0,66	0,37	96	0,72	0,40	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	I0	0,65	0,I4	I7	0,69	0,I5	27	0,74	0,I6	47	0,78	0,20	84	0,83	0,2I	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	I3	0,73	0,I0	22	0,77	0,II	37	0,8I	0,I2	64	0,85	0,I3	I34	0,90	0,I4
377	25	I7	0,4I	0,5I	33	0,48	0,54	59	0,55	0,58	I0I	0,62	0,62	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	32	II	0,47	0,30	2I	0,54	0,33	37	0,60	0,34	62	0,66	0,37	I08	0,72	0,40	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	I2	0,62	0,I4	2I	0,67	0,I5	35	0,72	0,I6	59	0,77	0,20	I06	0,82	0,2I	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	I4	0,73	0,I0	24	0,77	0,II	4I	0,8I	0,I2	7I	0,85	0,I3	I49	0,90	0,I4
426	25	I9	0,40	0,5I	37	0,47	0,54	66	0,54	0,58	II2	0,6I	0,62	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	32	I2	0,47	0,30	24	0,53	0,33	4I	0,59	0,34	70	0,65	0,37	I20	0,72	0,40	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	I2	0,63	0,I4	I9	0,7I	0,I5	30	0,76	0,I6	50	0,80	0,20	89	0,84	0,2I	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	I4	0,77	0,I0	24	0,80	0,II	39	0,83	0,I2	69	0,87	0,I3	I4I	0,90	0,I4
529	25	I9	0,43	0,5I	37	0,49	0,54	67	0,56	0,58	II6	0,62	0,62	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	32	I2	0,50	0,30	24	0,56	0,33	42	0,6I	0,34	7I	0,67	0,37	I24	0,73	0,40	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	I2	0,67	0,I4	22	0,7I	0,I5	36	0,75	0,I6	60	0,79	0,20	I06	0,84	0,2I	–	–	–
	57	–	–	–	I0	0,72	0,I0	I7	0,75	0,I0	28	0,79	0,II	47	0,82	0,I2	8I	0,86	0,I3	–	–	–
630	25	23	0,42	0,5I	45	0,48	0,54	80	0,55	0,58	I37	0,6I	0,62	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	32	I4	0,49	0,30	28	0,54	0,33	50	0,60	0,34	84	0,66	0,37	I44	0,72	0,40	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	I4	0,66	0,I4	25	0,70	0,I5	42	0,74	0,I6	70	0,78	0,20	I23	0,83	0,2I	–	–	–
	57	–	–	–	II	0,7I	0,I0	I9	0,74	0,I0	33	0,78	0,II	54	0,8I	0,I2	93	0,85	0,I3	–	–	–
720	25	32	0,38	0,5I	60	0,45	0,54	I04	0,52	0,58	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	32	20	0,43	0,30	38	0,50	0,33	65	0,57	0,34	I09	0,63	0,37	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	II	0,53	0,I5	2I	0,58	0,I4	37	0,64	0,I5	60	0,69	0,I6	99	0,75	0,20	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	I5	0,65	0,I0	26	0,69	0,I0	42	0,74	0,II	68	0,79	0,I2	II8	0,83	0,I3	–	–	–

$d_{тр} \cdot 10^3$, м	$d_{сп} \cdot 10^3$, м	Движущийся продукт: Безразмерная 0,2 $\delta_{из} \cdot 10^3$, м	0,2 $\varphi_в$	0,2 R_1, м·град/Вт	0,3 $\delta_{из} \cdot 10^3$, м	0,3 $\varphi_в$	0,3 R_1, м·град/Вт	0,4 $\delta_{из} \cdot 10^3$, м	0,4 $\varphi_в$	0,4 R_1, м·град/Вт
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
45	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
57	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
89	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
I08	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
I59	25	–	–	–	–	–	–	II	0,58	0,29
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2I9	25	–	–	–	–	–	–	I5	0,56	0,29
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
273	25	–	–	–	–	–	–	I8	0,55	0,29
	32	–	–	–	–	–	–	I2	0,60	0,I7
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–

– два спутника с температурой $t_{сп}$ = II0°С

температура продуктопровода $\varphi_{тр}$

0,5 $\delta_{из} \cdot 10^3$, м	0,5 $\varphi_в$	0,5 R_1, м·град/Вт	0,6 $\delta_{из} \cdot 10^3$, м	0,6 $\varphi_в$	0,6 R_1, м·град/Вт	0,7 $\delta_{из} \cdot 10^3$, м	0,7 $\varphi_в$	0,7 R_1, м·град/Вт	0,8 $\delta_{из} \cdot 10^3$, м	0,8 $\varphi_в$	0,8 R_1, м·град/Вт
I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	I7	0,75	0,34	35	0,80	0,36	I02	0,87	0,40
–	–	–	I0	0,79	0,20	22	0,83	0,22	55	0,88	0,25
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
I2	0,68	0,3I	24	0,73	0,34	48	0,80	0,36	I3I	0,86	0,40
–	–	–	I5	0,77	0,20	29	0,82	0,22	7I	0,88	0,28
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
I5	0,67	0,3I	27	0,73	0,34	55	0,79	0,36	I47	0,86	0,40
–	–	–	I7	0,77	0,20	34	0,82	0,22	80	0,88	0,23
–	–	–	–	–	–	I9	0,86	0,I0	43	0,90	0,II
–	–	–	–	–	–	I4	0,89	0,06	30	0,92	0,07
20	0,65	0,3I	37	0,7I	0,34	I2	0,78	0,36	–	–	–
I3	0,70	0,I9	23	0,75	0,20	43	0,8I	0,22	I0I	0,87	0,23
–	–	–	I3	0,8I	0,I0	25	0,85	0,I0	54	0,90	0,II
–	–	–	–	–	–	I8	0,88	0,06	38	0,9I	0,07
26	0,63	0,3I	47	0,70	0,34	9I	0,77	0,36	–	–	–
I7	0,68	0,I9	30	0,73	0,20	55	0,80	0,22	I24	0,86	0,23
–	–	–	I7	0,79	0,I0	3I	0,84	0,I0	65	0,89	0,II
–	–	–	I2	0,83	0,06	22	0,87	0,06	46	0,9I	0,07
32	0,62	0,3I	56	0,69	0,34	I07	0,76	0,36	–	–	–
20	0,66	0,I9	35	0,72	0,20	65	0,79	0,22	I44	0,86	0,23
II	0,73	0,I0	20	0,78	0,I0	36	0,83	0,I0	75	0,88	0,II
–	–	–	I4	0,82	0,06	26	0,86	0,06	52	0,90	0,07

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
325	25	–	–	–	I2	0,46	0,28	22	0,53	0,29
	32	–	–	–	–	–	–	I3	0,59	0,I7
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
377	25	–	–	–	I4	0,45	0,28	25	0,52	0,29
	32	–	–	–	–	–	–	I5	0,57	0,I7
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
426	25	–	–	–	I5	0,44	0,28	22	0,52	0,29
	32	–	–	–	–	–	–	I7	0,56	0,I7
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
529	25	–	–	–	I9	0,42	0,28	33	0,50	0,29
	32	–	–	–	II	0,48	0,I6	2I	0,55	0,I7
	45	–	–	–	–	–	–	II	0,63	0,09
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
630	25	II	0,33	0,26	22	0,4I	0,28	39	0,49	0,29
	32	–	–	–	I4	0,46	0,I6	24	0,53	0,I7
	45	–	–	–	–	–	–	I3	0,6I	0,I9
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
720	25	I3	0,32	0,26	25	0,40	0,28	44	0,48	0,29
	32	–	–	–	I5	0,45	0,I6	27	0,52	0,I7
	45	–	–	–	–	–	–	I5	0,60	0,09
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–

I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23
37	0,6I	0,3I	65	0,68	0,34	I23	0,76	0,36	–	–	–
23	0,65	0,I9	40	0,7I	0,20	73	0,78	0,22	–	–	–
I3	0,72	0,I0	23	0,77	0,I0	4I	0,82	0,I0	84	0,88	0,II
–	–	–	I6	0,8I	0,06	29	0,85	0,06	58	0,90	0,07
42	0,60	0,3I	73	0,67	0,34	I39	0,75	0,36	–	–	–
26	0,64	0,I9	45	0,7I	0,20	82	0,78	0,22	–	–	–
I5	0,7I	0,I0	25	0,76	0,I0	45	0,82	0,I0	92	0,87	0,II
I0	0,76	0,05	I8	0,80	0,06	32	0,85	0,06	63	0,89	0,07
47	0,59	0,3I	8I	0,67	0,34	I52	0,75	0,36	–	–	–
29	0,63	0,I9	50	0,70	0,20	90	0,77	0,22	–	–	–
I6	0,70	0,I0	28	0,75	0,I0	49	0,8I	0,I0	I00	0,87	0,II
II	0,75	0,05	I9	0,80	0,06	34	0,84	0,06	68	0,89	0,07
57	0,58	0,3I	97	0,66	0,34	–	–	–	–	–	–
35	0,62	0,I9	59	0,69	0,20	I07	0,76	0,22	–	–	–
I9	0,68	0,I0	33	0,74	0,I0	57	0,80	0,I0	II6	0,86	0,II
I3	0,74	0,05	23	0,78	0,06	40	0,83	0,06	79	0,88	0,07
66	0,59	0,3I	II3	0,65	0,34	–	–	–	–	–	–
4I	0,6I	0,I9	68	0,68	0,20	I23	0,76	0,22	–	–	–
22	0,67	0,I0	37	0,73	0,I0	65	0,79	0,I0	I3I	0,86	0,II
I5	0,72	0,05	26	0,77	0,06	45	0,82	0,06	88	0,88	0,07
74	0,57	0,3I	I27	0,65	0,34	–	–	–	–	–	–
46	0,60	0,I9	76	0,67	0,20	I37	0,75	0,22	–	–	–
25	0,66	0,I0	4I	0,72	0,I0	72	0,79	0,I0	I44	–	0,II
I7	0,7I	0,05	28	0,76	0,06	49	0,82	0,06	–	–	–

Движущийся продукт –

$d_{тр} \cdot 10^3$, м	$d_{оп} \cdot 10^3$, м	Безразмерная								
		0,2			0,3			0,4		
		$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
45	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
57	25	–	–	–	–	–	–	II	0,60	0,59
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
89	25	–	–	–	–	–	–	I6	0,60	0,59
	32	–	–	–	–	–	–	I0	0,65	0,35
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
I08	25	–	–	–	–	–	–	20	0,59	0,59
	32	–	–	–	–	–	–	I2	0,64	0,35
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
I59	25	–	–	–	I5	0,52	0,54	22	0,58	0,59
	32	–	–	–	I0	0,58	0,33	I8	0,63	0,35
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2I9	25	I0	0,44	0,5I	2I	0,50	0,54	37	0,57	0,59
	32	–	–	–	I3	0,56	0,33	23	0,62	0,35
	45	–	–	–	–	–	–	I2	0,7I	0,I5
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 5

Один спутник с температурой $t_{оп}$ = I35°С

Температура продуктопровода $\varphi_{тр}$

0,5			0,6			0,7			0,8		
$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$
I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23
I7	0,66	0,64	35	0,73	0,69	88	0,79	0,75	–	–	–
–	–	–	20	0,76	0,40	45	0,8I	0,45	I53	0,87	0,49
–	–	–	I0	0,80	0,20	22	0,85	0,22	59	0,89	0,24
–	–	–	–	–	–	I5	0,87	0,I3	37	0,9I	0,I5
2I	0,66	0,64	42	0,72	0,69	I03	0,79	0,75	–	–	–
I3	0,70	0,38	25	0,75	0,40	53	0,8I	0,45	–	–	–
–	–	–	I2	0,8I	0,20	24	0,85	0,22	60	0,90	0,24
–	–	–	–	–	–	I8	0,87	0,I3	43	0,9I	0,I5
3I	0,65	0,64	59	0,72	0,69	I40	0,79	0,75	–	–	–
I9	0,70	0,38	35	0,75	0,40	73	0,8I	0,45	–	–	–
–	–	–	I7	0,8I	0,20	33	0,85	0,22	79	0,90	0,24
–	–	–	I3	0,83	0,I2	25	0,87	0,I3	57	0,9I	0,I5
36	0,65	0,64	69	0,72	0,69	I6I	0,78	0,75	–	–	–
22	0,70	0,38	4I	0,75	0,40	84	0,8I	0,45	–	–	–
II	0,77	0,I6	20	0,8I	0,20	38	0,85	0,22	90	0,90	0,24
–	–	–	I5	0,83	0,I2	29	0,87	0,I3	65	0,9I	0,I5
50	0,64	0,64	94	0,7I	0,69	–	–	–	–	–	–
3I	0,69	0,38	55	0,74	0,40	III	0,80	0,45	–	–	–
I6	0,76	0,I6	27	0,80	0,20	50	0,85	0,22	II6	0,89	0,24
I2	0,79	0,II	2I	0,82	0,I2	38	0,86	0,I3	84	0,9I	0,I5
65	0,63	0,64	I2I	0,70	0,69	–	–	–	–	–	–
40	0,68	0,38	7I	0,73	0,40	I42	0,80	0,45	–	–	–
2I	0,75	0,I6	35	0,79	0,20	64	0,84	0,22	I44	0,89	0,24
I6	0,78	0,II	27	0,82	0,I2	49	0,86	0,I3	I04	0,9I	0,I5

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
273	25	I3	0,42	0,5I	25	0,50	0,54	45	0,56	0,59
	32	–	–	–	I6	0,55	0,33	22	0,6I	0,35
	45	–	–	–	–	–	–	I5	0,70	0,I5
	57	–	–	–	–	–	–	II	0,74	0,I0
325	25	I5	0,42	0,5I	29	0,49	0,54	52	0,55	0,59
	32	I0	0,48	0,30	I9	0,54	0,33	33	0,60	0,35
	45	–	–	–	I0	0,65	0,I4	I7	0,69	0,I5
	57	–	–	–	–	–	–	I3	0,73	0,I0
377	25	I7	0,4I	0,5I	33	0,48	0,54	59	0,55	0,59
	32	II	0,48	0,30	2I	0,54	0,33	37	0,60	0,35
	45	–	–	–	I2	0,62	0,I4	2I	0,67	0,I5
	57	–	–	–	–	–	–	I5	0,72	0,I0
426	25	20	0,40	0,5I	38	0,47	0,54	65	0,54	0,59
	32	I2	0,47	0,30	24	0,53	0,33	42	0,59	0,35
	45	–	–	–	I2	0,63	0,I4	22	0,68	0,I5
	57	–	–	–	I0	0,68	0,I0	I7	0,72	0,I0
529	25	24	0,39	0,5I	46	0,46	0,54	80	0,54	0,59
	32	I5	0,46	0,30	29	0,52	0,33	5I	0,58	0,35
	45	–	–	–	I5	0,62	0,I4	26	0,67	0,I5
	57	–	–	–	I2	0,67	0,I0	20	0,7I	0,I0
630	25	22	0,38	0,5I	54	0,46	0,54	93	0,53	0,59
	32	I8	0,44	0,30	34	0,5I	0,33	58	0,50	0,35
	45	–	–	–	I8	0,6I	0,I4	30	0,66	0,I5
	57	–	–	–	I4	0,66	0,I0	23	0,70	0,I0
720	25	3I	0,38	0,5I	60	0,45	0,54	I05	0,52	0,59
	32	20	0,44	0,30	38	0,50	0,33	66	0,57	0,35
	45	II	0,53	0,I5	2I	0,58	0,I4	37	0,64	0,I5
	57	–	–	–	I5	0,65	0,I0	26	0,69	0,I0

I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23
79	0,63	0,64	I45	0,70	0,69	–	–	–	–	–	–
48	0,67	0,38	85	0,73	0,40	–	–	–	–	–	–
25	0,74	0,I6	42	0,79	0,20	76	0,84	0,22	–	–	–
II	0,77	0,II	32	0,8I	0,I2	57	0,86	0,I3	I22	0,90	0,I5
9I	0,62	0,64	–	–	–	–	–	–	–	–	–
56	0,66	0,38	98	0,72	0,40	–	–	–	–	–	–
29	0,74	0,I6	48	0,78	0,20	86	0,83	0,22	–	–	–
22	0,70	0,II	37	0,8I	0,I2	65	0,85	0,I3	I38	0,90	0,I5
I03	0,62	0,64	–	–	–	–	–	–	–	–	–
63	0,66	0,38	III	0,72	0,40	–	–	–	–	–	–
35	0,72	0,I6	60	0,77	0,20	I08	0,82	0,22	–	–	–
25	0,76	0,II	4I	0,80	0,I2	73	0,85	0,I3	I53	0,89	0,I5
II5	0,6I	0,64	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7I	0,65	0,38	I23	0,72	0,40	–	–	–	–	–	–
36	0,73	0,I6	59	0,78	0,20	I06	0,83	0,22	–	–	–
28	0,76	0,II	46	0,80	0,I2	80	0,84	0,I3	–	–	–
I38	0,6I	0,64	–	–	–	–	–	–	–	–	–
85	0,64	0,38	I47	0,7I	0,40	–	–	–	–	–	–
43	0,72	0,I6	7I	0,77	0,20	I26	0,82	0,22	–	–	–
33	0,75	0,II	54	0,79	0,I2	95	0,84	0,I3	–	–	–
I6I	0,60	0,64	–	–	–	–	–	–	–	–	–
96	0,64	0,38	–	–	–	–	–	–	–	–	–
49	0,7I	0,I6	82	0,76	0,20	I45	0,82	0,22	–	–	–
38	0,74	0,II	62	0,79	0,I2	I08	0,84	0,I3	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
II0	0,63	0,38	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6I	0,69	0,I6	I0I	0,75	0,20	–	–	–	–	–	–
42	0,74	0,II	69	0,78	0,I2	I20	0,83	0,I3	–	–	–

Таблица 6

$d_{тр}\cdot10^3$, м	$d_{сл}\cdot10^3$, м	Движущийся продукт – два спутника. Безразмерная температура								
		0,2			0,8			0,4		
		$\delta_{из}\cdot10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м\cdot град}{Вт}$	$\delta_{из}\cdot10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м\cdot град}{Вт}$	$\delta_{из}\cdot10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м\cdot град}{Вт}$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
45	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
57	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
89	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I08	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I59	25	—	—	—	—	—	—	II	0,58	0,29
	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2I9	25	—	—	—	—	—	—	I5	0,56	0,29
	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—

● температурой $t_{сп}$=I35°

продуктопровода $\varphi_{тр}$

0,5			0,6			0,7			0,8		
$\delta_{из}\cdot10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м\cdot град}{Вт}$	$\delta_{из}\cdot10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м\cdot град}{Вт}$	$\delta_{из}\cdot10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м\cdot град}{Вт}$	$\delta_{из}\cdot10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м\cdot град}{Вт}$
I2	I8	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	I7	0,74	0,34	37	0,80	0,37	I08	0,86	0,4I
—	—	—	II	0,78	0,2I	22	0,83	0,22	58	0,88	0,24
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I8	0,67	0,32	24	0,73	0,34	50	0,79	0,37	I38	0,86	0,4I
—	—	—	I5	0,77	0,2I	30	0,82	0,22	I4	0,88	0,24
—	—	—	—	—	—	I8	0,86	0,II	39	0,90	0,I2
—	—	—	—	—	—	I2	0,89	0,07	28	0,92	0,07
I5	0,67	0,32	28	0,78	0,34	—	—	—	—	—	—
—	—	—	I8	0,76	0,2I	34	0,82	0,22	83	0,87	0,24
—	—	—	I0	0,82	0,I0	20	0,86	0,II	44	0,90	0,I2
—	—	—	—	—	—	I4	0,89	0,07	8I	0,92	0,07
2I	0,65	0,32	38	0,7I	0,34	74	0,78	0,37	—	—	—
I3	0,69	0,I9	23	0,75	0,2I	45	0,8I	0,22	I05	0,87	0,24
—	—	—	I4	0,8I	0,I0	26	0,85	0,II	55	0,89	0,I2
—	—	—	—	—	—	I8	0,88	0,07	39	0,9I	0,07
27	0,68	0,32	48	0,69	0,34	94	0,76	0,37	—	—	—
I7	0,67	0,I9	30	0,78	0,2I	57	0,79	0,22	I29	0,86	—
—	—	—	I7	0,79	0,I0	32	0,84	0,II	67	0,89	0,I2
—	—	—	I2	0,83	0,06	23	0,87	0,07	47	0,9I	0,07

Продолжение табл. 6

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
278	25	—	—	—	—	—	—	I8	0,54	0,29
	32	—	—	—	—	—	—	II	0,60	0,I7
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
825	25	—	—	—	I2	0,46	0,28	22	0,58	0,29
	32	—	—	—	—	—	—	I4	0,59	0,I7
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
877	25	—	—	—	I4	0,45	0,28	25	0,52	0,29
	32	—	—	—	—	—	—	I6	0,57	0,I7
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
426	25	—	—	—	I5	0,44	0,28	28	0,5I	0,29
	32	—	—	—	—	—	—	I7	0,56	0,I7
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
529	25	—	—	—	I8	0,42	0,28	33	0,50	0,29
	32	—	—	—	II	0,48	0,I6	2I	0,55	0,I7
	45	—	—	—	—	—	—	II	0,68	0,09
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
680	25	II	0,33	0,25	22	0,4I	0,28	39	0,49	0,29
	32	—	—	—	I8	0,46	0,I6	24	0,53	0,I7
	45	—	—	—	—	—	—	I8	0,6I	0,09
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
720	25	—	—	—	25	0,40	0,28	45	0,48	0,29
	32	—	—	—	—	—	—	27	0,52	0,I7
	45	—	—	—	—	—	—	I5	0,60	0,09
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—

I2	I8	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	28
32	0,6I	0,32	58	0,68	0,34	III	0,76	0,37	—	—	—
20	0,66	0,I9	36	0,72	0,2I	66	0,79	0,22	I49	0,85	0,24
I2	0,78	0,I0	20	0,78	0,I0	37	0,88	0,II	77	0,88	0,I2
—	—	—	I4	0,82	0,06	26	0,86	0,07	54	0,90	0,07
28	0,60	0,32	66	0,68	0,34	I27	0,76	0,37	—	—	—
24	0,65	0,I9	4I	0,7I	0,2I	76	0,78	0,22	—	—	—
I8	0,72	0,I0	28	0,77	0,I0	45	0,82	0,II	86	0,88	0,I2
—	—	—	I6	0,8I	0,06	29	0,85	0,07	59	0,90	0,07
48	0,60	0,32	75	0,67	0,34	I44	0,75	0,37	—	—	—
27	0,64	0,I9	46	0,70	0,2I	85	0,77	0,22	—	—	—
I5	0,7I	0,I0	26	0,76	0,I0	46	0,8I	0,II	95	0,87	0,I2
I0	0,76	0,06	I8	0,80	0,06	32	0,84	0,07	65	0,89	0,07
48	0,59	0,32	88	0,67	0,34	I58	0,75	0,37	—	—	—
80	0,68	0,I9	5I	0,69	0,2I	98	0,77	0,22	—	—	—
I7	0,70	0,I0	28	0,75	0,I0	50	0,8I	0,II	I03	0,87	0,I2
II	0,75	0,06	20	0,79	0,06	35	0,84	0,07	70	0,89	0,07
57	0,58	0,32	99	0,66	0,34	—	—	—	—	—	—
86	0,62	0,I9	6I	0,69	0,2I	II0	0,76	0,22	—	—	—
20	0,68	0,I0	33	0,74	0,I0	59	0,80	0,II	I20	0,86	0,I2
I3	0,78	0,06	23	0,78	0,06	4I	0,83	0,07	8I	0,88	0,07
67	0,57	0,32	II6	0,65	0,34	—	—	—	—	—	—
4I	0,60	0,I9	70	0,67	0,2I	I26	0,75	0,22	—	—	—
22	0,67	0,I0	38	0,78	0,I0	67	0,79	0,II	I36	0,85	0,I2
I5	0,72	0,06	26	0,77	0,06	46	0,82	0,07	9I	0,88	0,07
75	0,56	0,32	I30	0,68	0,34	—	—	—	—	—	—
46	0,60	0,I9	78	0,67	0,2I	I4I	0,75	0,22	—	—	—
25	0,66	0,I0	42	0,72	0,I0	74	0,78	0,II	I50	0,85	0,I2
I7	0,7I	0,06	29	0,76	0,06	50	0,8I	0,07	99	0,87	0,07

Продолжение прил. 10

Таблица 7

$d_{тр} \cdot 10^3$, м	$d_{сп} \cdot 10^3$, м	Движущийся продукт: безразмерная температура 0,2			0,3			0,4		
		$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
45	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
57	25	—	—	—	—	—	—	II	0,60	0,60
	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
89	25	—	—	—	—	—	—	I7	0,59	0,60
	32	—	—	—	—	—	—	I0	0,65	0,36
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I08	25	—	—	—	I0	0,53	0,56	20	0,59	0,60
	32	—	—	—	—	—	—	I2	0,64	0,36
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I59	25	—	—	—	I5	0,52	0,56	28	0,58	0,60
	32	—	—	—	—	—	—	I8	0,63	0,36
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2I9	25	—	—	—	20	0,50	0,56	37	0,57	0,60
	32	—	—	—	I3	0,56	0,34	28	0,62	0,36
	45	—	—	—	—	—	—	I2	0,7I	0,I6
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Движущийся продукт: один спутник с температурой $t_{сп}$=I60° продуктопровода $\varphi_{тр}$: 0,5			0,6			0,7			0,8	
$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$
I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23
I8	0,66	0,66	37	0,72	0,72	97	0,79	0,79	—	—	—
I0	0,70	0,40	2I	0,75	0,43	48	0,8I	0,47	—	—	—
—	—	—	II	0,80	0,20	23	0,84	0,23	63	0,89	0,26
—	—	—	—	—	—	I5	0,86	0,I4	89	0,90	0,I6
2I	0,66	0,66	44	0,72	0,72	III	0,79	0,79	—	—	—
I3	0,70	0,40	25	0,75	0,43	56	0,8I	0,47	—	—	—
—	—	—	I2	0,8I	0,20	24	0,85	0,23	63	0,90	0,26
—	—	—	—	—	—	I8	0,87	0,I4	45	0,9I	0,I6
3I	0,65	0,66	62	0,72	0,72	I50	0,78	0,79	—	—	—
I9	0,70	0,40	36	0,75	0,43	76	0,8I	0,47	—	—	—
—	—	—	I7	0,8I	0,20	34	0,85	0,23	88	0,90	0,26
—	—	—	I3	0,83	0,I3	25	0,87	0,I4	59	0,9I	0,I6
87	0,67	0,66	72	0,7I	0,72	—	—	—	—	—	—
22	0,69	0,40	42	0,75	0,43	98	0,8I	0,47	—	—	—
II	0,77	0,I6	20	0,80	0,20	39	0,85	0,23	93	0,89	0,26
—	—	—	I5	0,83	0,I3	29	0,86	0,I4	67	0,9I	0,I6
5I	0,64	0,66	98	0,7I	0,72	—	—	—	—	—	—
3I	0,68	0,40	57	0,74	0,43	II6	0,80	0,47	—	—	—
I6	0,76	0,I6	27	0,80	0,20	52	0,84	0,23	I2I	0,89	0,26
I2	0,79	0,I2	2I	0,82	0,I3	39	0,86	0,I4	87	0,90	0,I6
67	0,63	0,66	I26	0,70	0,72	—	—	—	—	—	—
4I	0,67	0,40	78	0,73	0,43	I49	0,79	0,47	—	—	—
2I	0,75	0,I6	36	0,79	0,20	66	0,84	0,23	I5I	0,89	0,26
I6	0,78	0,I2	27	0,82	0,I3	50	0,86	0,I4	I08	0,90	0,I6

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	28
278	25	I2	0,48	0,52	25	0,49	0,56	45	0,56	0,60	8I	0,63	0,66	I52	0,69	0,72	—	—	—	—	—	—
	32	—	—	—	I6	0,55	0,84	29	0,6I	0,36	49	0,67	0,40	88	0,73	0,43	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	I4	0,70	0,I6	25	0,74	0,I6	42	0,78	0,20	78	0,83	0,28	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	II	0,74	0,I0	19	0,77	0,I2	33	0,8I	0,I3	59	0,85	0,I4	—	—	—
825	25	I5	0,42	0,52	30	0,48	0,56	58	0,55	0,60	94	0,62	0,66	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	32	—	—	—	I9	0,54	0,84	38	0,60	0,36	57	0,66	0,40	I02	0,72	0,43	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	I7	0,69	0,I6	29	0,73	0,I6	49	0,78	0,20	89	0,83	0,28	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	I3	0,73	0,I0	22	0,76	0,I2	87	0,8I	0,I3	67	0,85	0,I4	I43	0,89	0,I6
877	25	I7	0,4I	0,52	84	0,48	0,56	6I	0,54	0,60	I07	0,6I	0,66	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	32	II	0,47	0,8	22	0,53	0,84	38	0,59	0,36	65	0,65	0,40	II6	0,72	0,43	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	I2	0,62	0,I6	2I	0,67	0,I6	36	0,7I	0,I6	62	0,76	0,20	II3	0,82	0,27	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	I5	0,82	0,I0	25	0,76	0,I2	42	0,80	0,I3	76	0,84	0,I4	I6I	0,89	0,I6
426	25	I9	0,40	0,52	38	0,47	0,56	67	0,54	0,60	II8	0,6I	0,66	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	32	I2	0,47	0,3I	24	0,58	0,84	42	0,59	0,36	72	0,65	0,40	I27	0,7I	0,43	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	I2	0,63	0,I6	2I	0,68	0,I6	36	0,72	0,I6	53	0,79	0,20	52	0,88	0,28	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	57	0,86	0,I4	II3	0,90	0,I6
529	25	—	—	—	—	—	—	27	0,55	0,60	85	0,6I	0,66	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	82	0,65	0,40	94	0,7I	0,43	23	0,78	0,47	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I9	0,78	0,20	73	0,83	0,28	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45	0,85	0,I4	I44	0,89	0,I6
680	25	—	—	—	—	—	—	42	0,54	0,60	II0	0,6I	0,66	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	47	0,65	0,40	II9	0,7I	0,43	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8I	0,77	0,20	94	0,82	0,28	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I2	0,80	0,I8	58	0,84	0,I4	—	—	—
720	25	32	0,37	0,52	6I	0,45	0,56	I08	0,52	0,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	32	20	0,48	0,8I	39	0,50	0,84	68	0,58	0,36	II4	0,63	0,40	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	II	0,58	0,I5	22	0,58	0,I6	38	0,63	0,I6	62	0,69	0,I6	I05	0,74	0,20	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	I5	0,64	0,I0	26	0,69	0,I0	43	0,73	0,I2	7I	0,78	0,I3	I25	0,83	0,I4	—	—	—

Продолжение прил. 10

Таблица 8

$d_{тр} \cdot 10^3$, м	$d_{сп} \cdot 10^3$, м	Движущийся продукт-								
		Безразмерная температура								
		0,2			0,8			0,4		
		$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
45	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	82	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
57	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	82	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
89	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	82	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I08	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	82	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I59	25	—	—	—	—	—	—	I2	0,58	0,80
	82	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2I9	25	—	—	—	—	—	—	I6	0,56	0,80
	82	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—

два спутника с температурой $t_{сп}$=I60°C

продуктопровода $\varphi_{тр}$

	0,5			0,6			0,7			0,8		
$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$
I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	I8	0,74	0,36	39	0,80	0,40	II8	0,86	0,44
—	—	—	II	0,78	0,22	23	0,83	0,23	62	0,88	0,26
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I8	0,67	0,33	25	0,78	0,36	58	0,79	0,40	I52	0,86	0,44
—	—	—	I6	0,77	0,22	82	0,82	0,23	79	0,87	0,26
—	—	—	—	—	—	I8	0,86	0,II	4I	0,90	0,I8
—	—	—	—	—	—	I8	0,89	0,07	29	0,92	0,08
—	—	—	—	—	—	60	0,79	0,40	-	-	-
—	—	—	—	—	—	38	0,82	0,23	89	0,87	0,26
—	—	—	I0	0,82	0,I0	20	0,85	0,II	46	0,90	0,I8
—	—	—	—	—	—	I5	0,88	0,07	32	0,92	0,08
2I	0,64	0,38	89	0,7I	0,36	78	0,78	0,40	—	—	—
II	0,69	0,20	24	0,74	0,22	47	0,80	0,23	III	0,85	0,26
—	—	—	I8	0,79	0,I0	33	0,83	0,II	7I	0,88	0,I8
—	—	—	I3	0,82	0,06	23	0,86	0,07	49	0,90	0,08
28	0,62	0,38	50	0,69	0,36	99	0,77	0,40	—	—	—
I8	0,67	0,20	3I	0,78	0,22	59	0,79	0,23	I37	0,86	0,26
—	—	—	I8	0,79	0,I0	33	0,83	0,II	7I	0,88	0,I3
—	—	—	I3	0,82	0,06	23	0,86	0,07	49	0,90	0,08

Продолжение прил. 10
Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
278	25	—	—	—	I0	0,48	0,28	I9	0,54	0,30	34	0,6I	0,33	60	0,68	0,36	II7	0,76	0,40	—	—	—
	32	—	—	—	—	—	—	I2	0,60	0,I8	2I	0,66	0,20	37	0,72	0,22	69	0,78	0,28	I59	0,85	0,26
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I2	0,78	0,I0	2I	0,77	0,I0	38	0,82	0,II	8I	0,88	0,I8
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I5	0,8I	0,06	27	0,85	0,07	56	0,90	0,08
825	25	—	—	—	I2	0,46	0,28	22	0,58	0,30	89	0,60	0,33	69	0,68	0,36	I35	0,75	0,40	—	—	—
	32	—	—	—	—	—	—	I4	0,58	0,I8	24	0,64	0,20	48	0,7I	0,22	79	0,78	0,28	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I4	0,7I	0,I0	24	0,76	0,I0	48	0,82	0,II	9I	0,8I	0,I3
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I7	0,80	0,06	30	0,85	0,07	62	0,89	0,08
877	25	—	—	—	I4	0,45	0,28	26	0,52	0,30	45	0,59	0,33	79	0,67	0,36	I58	0,75	0,40	—	—	—
	32	—	—	—	—	—	—	I6	0,57	0,I8	28	0,68	0,20	48	0,70	0,22	89	0,77	0,28	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I5	0,70	0,I0	27	0,75	0,I0	48	0,8I	0,II	I00	0,87	0,I8
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	II	0,76	0,06	I9	0,80	0,06	34	0,84	0,07	68	0,89	0,08
426	25	—	—	—	I6	0,44	0,28	28	0,5I	0,30	49	0,59	0,33	87	0,67	0,36	—	—	—	—	—	—
	32	—	—	—	—	—	—	I8	0,56	0,I8	8I	0,68	0,20	56	0,70	0,22	97	0,77	0,28	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I7	0,69	0,I0	29	0,75	0,I0	58	0,80	0,II	I09	0,87	0,I8
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I2	0,75	0,06	20	0,79	0,06	36	0,83	0,07	78	0,89	0,08
529	25	—	—	—	I9	0,42	0,28	85	0,50	0,30	59	0,58	0,33	I04	0,66	0,36	—	—	—	—	—	—
	32	—	—	—	I2	0,48	0,I6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	I2	0,62	0,09	20	0,68	0,I0	84	0,78	0,I0	6I	0,79	0,II	I27	0,86	0,I8
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I4	0,78	0,06	24	0,77	0,06	42	0,82	0,07	84	0,88	0,08
680	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	I3	0,60	0,09	23	0,66	0,I0	89	0,72	0,I0	70	0,79	0,II	I44	0,85	0,I8
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I6	0,7I	0,06	27	0,76	0,06	48	0,82	0,07	55	0,87	0,08
720	25	—	—	—	26	0,40	0,28	46	0,48	0,30	—	—	—	I37	0,65	0,36	—	—	—	—	—	—
	32	—	—	—	I6	0,45	0,I6	28	0,52	0,I8	48	0,59	0,20	—	—	—	I49	0,75	0,28	—	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	I5	0,59	0,09	26	0,65	0,I0	44	0,7I	0,I0	77	0,78	0,II	I58	0,85	0,I8
	57	—	—	—	—	—	—	I0	0,65	0,05	I8	0,70	0,06	30	0,75	0,06	52	0,8I	0,07	I04	0,87	0,08

Продолжение прил. 10

Таблица 9

$d_{пр} \cdot 10^3$, м	$d_{сп} \cdot 10^3$, м	Движущийся продукт – одно										
		Безразмерная температура										
		0,1			0,2			0,3				
		$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, м·град/Вт	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, м·град/Вт	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, м·град/Вт	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
45	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
57	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	II	0,60
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
89	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I6	0,59
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I0	0,64
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
I08	25	–	–	–	–	–	–	I0	0,58	0,57	20	0,59
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I2	0,64
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
I59	25	–	–	–	–	–	–	I5	0,5I	0,57	29	0,57
	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I7	0,63
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2I9	25	–	–	–	–	–	–	20	0,50	0,57	38	0,56
	32	–	–	–	–	–	–	I8	0,56	0,34	24	0,6I
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I2	0,70
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

спутник с температурой $t_{сп}$ = I80°С

продуктопровода $\varphi_{тр}$

0,4		0,5			0,6			0,7			0,8		
R_1, м·град/Вт	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, м·град/Вт	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, м·град/Вт	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, м·град/Вт	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, м·град/Вт
I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23	24	25	26
–	I8	0,66	0,68	39	0,72	0,74	I02	0,78	0,82	–	–	–
–	II	0,70	0,40	22	0,75	0,44	50	0,8I	0,48	–	–	–
–	–	–	–	II	0,79	0,22	24	0,84	0,24	66	0,89	0,27
–	–	–	–	–	–	–	I6	0,86	0,I5	40	0,90	0,I6
0,62	22	0,66	0,68	45	0,72	0,74	II8	0,78	0,82	–	–	–
–	I5	0,70	0,40	26	0,75	0,44	59	0,8I	0,48	–	–	–
–	–	–	–	I2	0,80	0,22	25	0,85	0,24	66	0,89	0,27
–	–	–	–	–	–	–	I6	0,86	0,I5	48	0,90	0,I6
0,62	32	0,65	0,68	64	0,7I	0,74	–	–	–	–	–	–
0,37	I9	0,69	0,40	37	0,75	0,44	78	0,80	0,48	–	–	–
–	–	–	–	I7	0,80	0,22	34	0,85	0,24	86	0,89	0,27
–	–	–	–	I8	0,83	0,I8	26	0,85	0,I5	6I	0,90	0,I6
0,62	38	0,65	0,68	75	0,7I	0,74	–	–	–	–	–	–
0,37	28	0,69	0,40	48	0,74	0,44	9I	0,80	0,48	–	–	–
–	II	0,76	0,I7	2I	0,80	0,22	40	0,84	0,24	97	0,89	0,27
–	–	–	–	I6	0,82	0,I8	30	0,86	0,I5	69	0,90	0,I6
0,62	58	0,64	0,68	I0I	0,70	0,74	–	–	–	–	–	–
0,37	32	0,68	0,40	59	0,74	0,44	I2I	0,80	0,48	–	–	–
–	I6	0,75	0,I7	28	0,79	0,22	58	0,84	0,24	I25	0,87	0,27
–	I2	0,78	0,I2	22	0,82	0,I8	40	0,86	0,I5	90	0,90	0,I6
0,62	69	0,63	0,68	I32	0,70	0,74	–	–	–	–	–	–
0,37	42	0,67	0,40	76	0,73	0,44	I55	0,79	0,48	–	–	–
0,I6	20	0,74	0,I7	37	0,79	0,22	68	0,88	0,24	I5I	0,88	0,27
–	I6	0,77	0,I2	28	0,8I	0,I8	5I	0,85	0,I5	III	0,90	0,I5

Продолжение прил.10
Продолжение табл.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	25	–	–	–	I3	0,42	0,53	26	0,49	0,57	47	0,55	0,62	83	60,62	0,68	I58	0,69	0,74	–	–	–	–	–	–
	82	–	–	–	–	–	–	I6	0,55	0,34	29	0,60	0,37	5I	0,66	0,40	9I	0,72	0,44	–	–	–	–	–	–
273	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I5	0,69	0,I6	25	0,73	0,I7	44	0,78	0,22	80	0,83	0,24	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	II	0,73	0,II	I9	0,77	0,I2	88	0,8I	0,I3	60	0,85	0,I5	I3I	0,89	0,I6
	57																								
	25	–	–	–	I5	0,4I	0,53	80	0,48	0,57	54	0,55	0,62	97	0,62	0,68	–	–	–	–	–	–	–	–	–
325	82	–	–	–	–	–	–	I9	0,54	0,34	34	0,60	0,37	59	0,66	0,40	I05	0,72	0,44	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I7	0,68	0,I6	29	0,78	0,I7	50	0,78	0,22	92	0,83	0,24	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I3	0,72	0,II	23	0,76	0,I2	38	0,80	0,I3	69	0,85	0,I5	I48	0,89	0,I6
	25	–	–	–	I7	0,4I	0,53	35	0,47	0,57	62	0,54	0,62	II0	0,8I	0,68	–	–	–	–	–	–	–	–	–
377	82	–	–	–	II	0,47	0,3I	22	0,53	0,34	39	0,59	0,37	67	0,65	0,40	II9	0,7I	0,44	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	I2	0,62	0,I6	22	0,66	0,I6	37	0,7I	0,I7	63	0,76	0,22	II6	0,82	0,24	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I5	0,72	0,II	26	0,75	0,I2	43	0,80	0,I3	77	0,84	0,I5	–	–	–
	25	–	–	–	20	0,40	0,53	89	0,47	0,57	69	0,54	0,62	I22	0,6I	0,68	23I	0,68	0,74	–	–	–	–	–	–
	32	–	–	–	I2	0,46	0,3I	25	0,52	0,34	43	0,58	0,37	74	0,65	0,40	I3I	0,7I	0,44	–	–	–	–	–	–
426	45	–	–	–	–	–	–	I2	0,63	0,I6	22	0,57	0,I6	37	0,72	0,I7	62	0,77	0,22	II4	0,82	0,24	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	I7	0,7I	0,II	28	0,75	0,I2	I8	0,79	0,I3	85	0,84	0,I5	–	–	–
	25	–	–	–	24	0,39	0,53	47	0,46	0,57	83	0,53	0,62	I48	0,60	0,68	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	32	–	–	–	I5	0,45	0,3I	80	0,5I	0,34	52	0,57	0,37	89	0,64	0,40	I58	0,70	0,44	–	–	–	–	–	–
529	45	–	–	–	–	–	–	I5	0,6I	0,I6	26	0,67	0,I6	44	0,7I	0,I7	74	0,76	0,22	I35	0,8I	0,24	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	II	0,66	0,I0	20	0,70	0,II	84	0,74	0,I2	57	0,79	0,I3	I00	0,83	0,I5	–	–	–
	25	I0	0,8I	0,48	28	0,38	0,53	55	0,45	0,57	98	0,52	0,62	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
630	32	–	–	–	I8	0,44	0,3I	35	0,50	0,34	6I	0,57	0,37	I04	0,63	0,40	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	I8	0,60	0,I6	3I	0,65	0,I6	5I	0,70	0,I7	86	0,75	0,22	I55	0,8I	0,24	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	I3	0,65	0,I0	24	0,69	0,II	39	0,73	0,I2	65	0,78	0,I3	II5	0,83	0,I5	–	–	–
	25	–	–	–	32	0,37	I0;53	62	0,44	0,57	II0	0,52	0,62	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
720	82	–	–	–	20	0,43	0,3I	39	0,50	0,34	69	0,56	0,37	II7	0,63	0,40	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	II	0,53	0,I6	22	0,58	0,I6	38	0,63	0,I6	63	0,68	0,I7	I07	0,74	0,22	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	I5	0,64	0,I0	26	0,68	0,II	44	0,73	0,I2	72	0,77	0,I3	I28	0,83	0,I5	–	–	–

$d_{пр} \cdot 10^3$, м	$d_{ст} \cdot 10^3$, м	Движущийся продукт								
		Безразмерная тепло								
		0,2			0,3			0,4		
		$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
45	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	82	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
57	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	82	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
89	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	82	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
I08	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	82	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
I59	25	–	–	–	–	–	I2	-	0,58	0,3I
	82	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2I9	25	–	–	–	–	–	–	I6	0,55	0,3I
	82	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–

два спутника с температурой $t_{ст}$=I80°С

ратура продуктопровода $\varphi_{тр}$

0,5			0,6			0,7			0,8		
$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$	$\delta_{из} \cdot 10^3$, м	$\varphi_в$	R_1, $\frac{м \cdot град}{Вт}$
I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	I8	0,74	0,87				I25	0,86	0,46
–	–	–	II	0,78	0,22	24	0,82	0,24	64	0,88	0,27
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
I3	0,67	0,34	26	0,73	0,87	55	0,79	0,40	–	–	–
–	–	–	I6	0,76	0,22	29	0,83	0,24	82	0,87	0,27
–	–	–	–	–	–	I8	0,86	0,I2	42	0,90	0,I2
–	–	–	–	–	–	I8	0,88	0,07	30	0,92	0,08
I6	0,66	0,34	30	0,72	0,87	62	0,78	0,40	–	–	–
–	–	–	I9	0,76	0,22	33	0,8I	0,24	–	–	–
–	–	–	II	0,8I	0,II	2I	0,85	0,I2	47	0,90	0,I2
–	–	–	–	–	–	I5	0,88	0,07	33	0,9I	0,08
22	0,64	0,34	4I	0,70	0,87	82	0,77	0,40	–	–	–
I4	0,69	0,20	25	0,74	0,22	49	0,80	0,24	II7	0,86	0,27
–	–	–	I4	0,80	0,II	27	0,84	0,I2	60	0,89	0,I2
–	–	–	I0	0,84	0,07	I9	0,87	0,07	4I	0,9I	0,08
29	0,62	0,34	52	0,69	0,87	I04	0,76	0,40	–	–	–
I8	0,67	0,20	32	0,73	0,22	6I	0,79	0,24	I44	0,85	0,27
I0	0,74	0,I0	I8	0,78	0,II	34	0,83	0,I2	73	0,88	0,I2
–	–	–	–	–	–	24	0,86	0,07	50	0,90	0,08

Продолжение прил.10

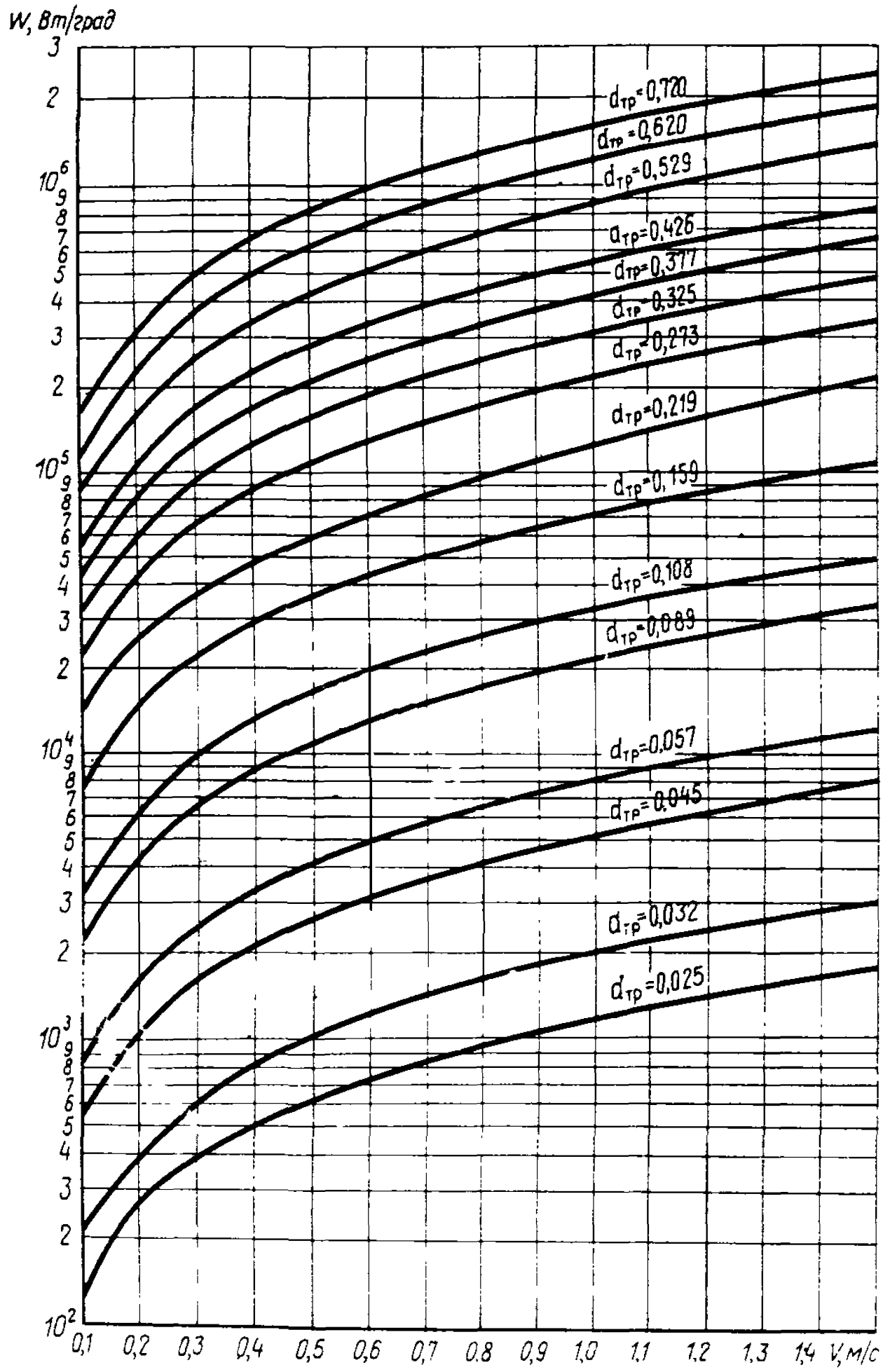
Продолжение табл.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
278	25	–	–	–	10	0,47	0,28	20	0,54	0,81
	32	–	–	–	–	–	–	12	0,59	0,19
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
325	25	–	–	–	12	0,46	0,28	28	0,58	0,81
	32	–	–	–	–	–	–	14	0,58	0,19
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
377	25	–	–	–	14	0,45	0,28	26	0,52	0,81
	32	–	–	–	–	–	–	16	0,57	0,19
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
426	25	–	–	–	16	0,44	0,28	29	0,51	0,81
	32	–	–	–	–	–	–	18	0,56	0,19
	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
529	25	–	–	–	20	0,42	0,28	36	0,50	0,81
	32	–	–	–	12	0,47	0,17	22	0,54	0,19
	45	–	–	–	–	–	–	12	0,62	0,10
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
630	25	11	0,33	0,26	28	0,41	0,28	42	0,49	0,81
	32	–	–	–	14	0,46	0,17	26	0,58	0,19
	45	–	–	–	–	–	–	14	0,60	0,10
	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
720	25	–	–	–	26	0,40	0,28	47	0,48	0,81
	32	–	–	–	16	0,44	0,17	29	0,52	0,19
	45	–	–	–	–	–	–	15	0,59	0,10
	57	–	–	–	–	–	–	10	0,65	0,05

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
85	0,61	0,84	62	0,68	0,37	128	0,76	0,40	–	–	–
22	0,65	0,20	38	0,71	0,22	72	0,78	0,24	–	–	–
12	0,72	0,10	21	0,77	0,11	89	0,82	0,12	84	0,88	0,12
			15	0,81	0,07	28	0,85	0,07	57	0,90	0,08
40	0,60	0,84	72	0,67	0,37	141	0,75	0,40	–	–	–
25	0,64	0,20	44	0,71	0,22	82	0,77	0,24	–	–	–
14	0,71	0,10	24	0,76	0,11	44	0,81	0,12	94	0,87	0,12
			17	0,80	0,07	81	0,84	0,07	64	0,89	0,08
46	0,59	0,84	81	0,67	0,37	159	0,75	0,40	–	–	–
28	0,68	0,20	50	0,70	0,22	92	0,77	0,24	–	–	–
16	0,70	0,10	27	0,75	0,11	49	0,81	0,12	108	0,87	0,12
11	0,75	0,06	19	0,79	0,07	34	0,84	0,07	70	0,89	0,08
51	0,59	0,84	90	0,66	0,37	–	–	–	–	–	–
82	0,62	0,20	55	0,69	0,22	101	0,76	0,24	–	–	–
17	0,69	0,10	30	0,74	0,11	54	0,80	0,12	112	0,86	0,12
12	0,74	0,06	21	0,79	0,07	37	0,83	0,07	75	0,88	0,08
61	0,57	0,84	108	0,66	0,37	–	–	–	–	–	–
38	0,61	0,20	65	0,68	0,22	120	0,76	0,24	–	–	–
21	0,67	0,10	35	0,73	0,11	63	0,79	0,12	131	0,86	0,12
14	0,73	0,06	24	0,77	0,07	43	0,82	0,07	87	0,88	0,08
72	0,57	0,84	126	0,65	0,37	–	–	–	–	–	–
44	0,60	0,20	75	0,67	0,22	139	0,75	0,24	–	–	–
24	0,66	0,10	40	0,72	0,11	72	0,78	0,12	148	0,85	0,12
			28	0,76	0,07	49	0,81	0,07	98	0,87	0,08
81	0,56	0,84	142	0,64	0,37	–	–	–	–	–	–
49	0,59	0,20	84	0,67	0,22	155	0,75	0,24	–	–	–
26	0,65	0,10	45	0,71	0,11	72	0,79	0,12	–	–	–
18	0,70	0,06	31	0,75	0,07	54	0,81	0,07	107	0,87	0,08

ПРИЛОЖЕНИЕ II

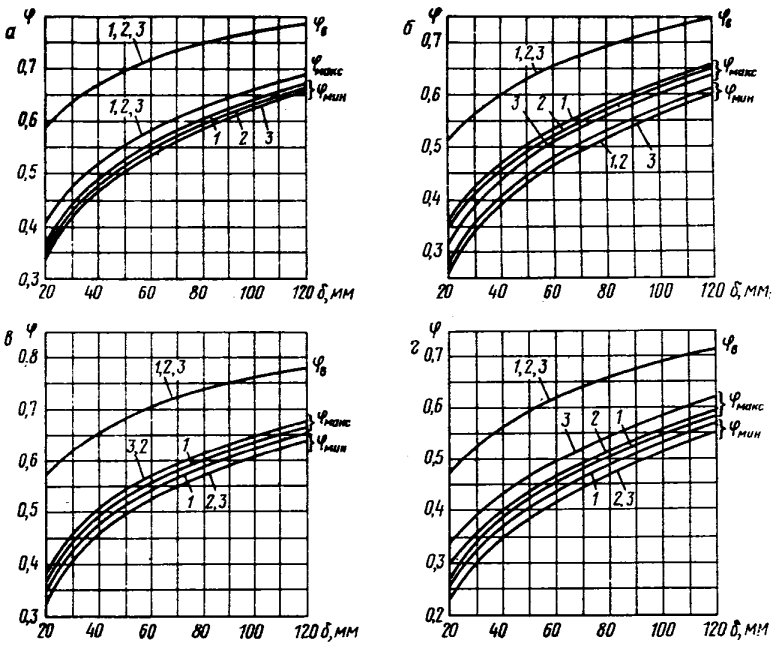
Справочное



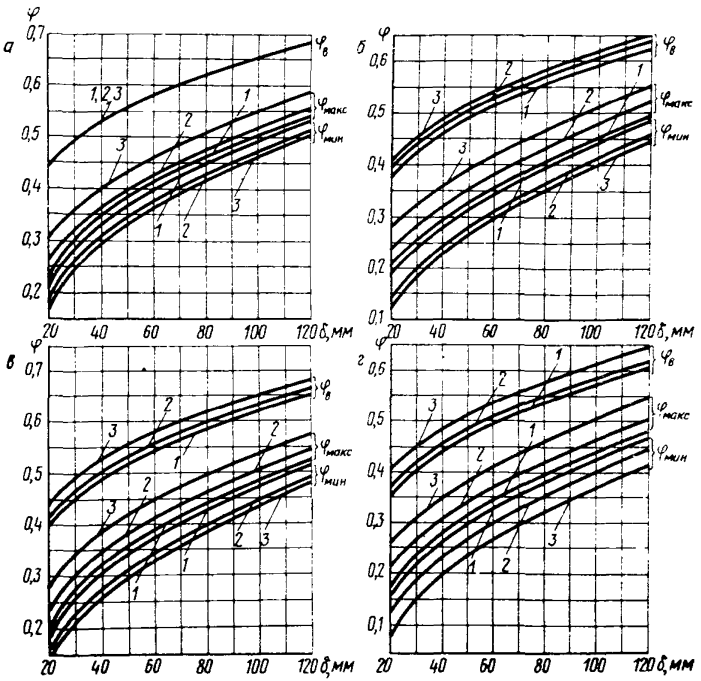
ПРИЛОЖЕНИЕ 12

Справочное

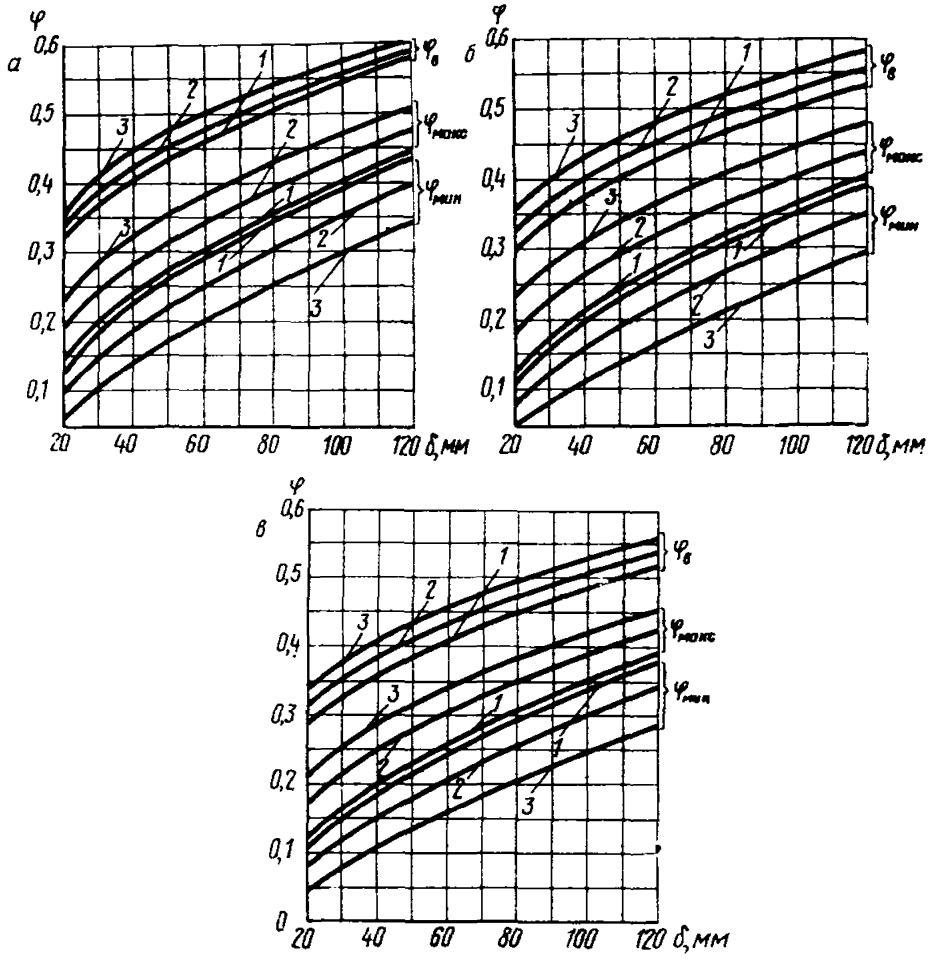
Графики определения толщины изоляции для продуктопроводов при неподвижном продукте



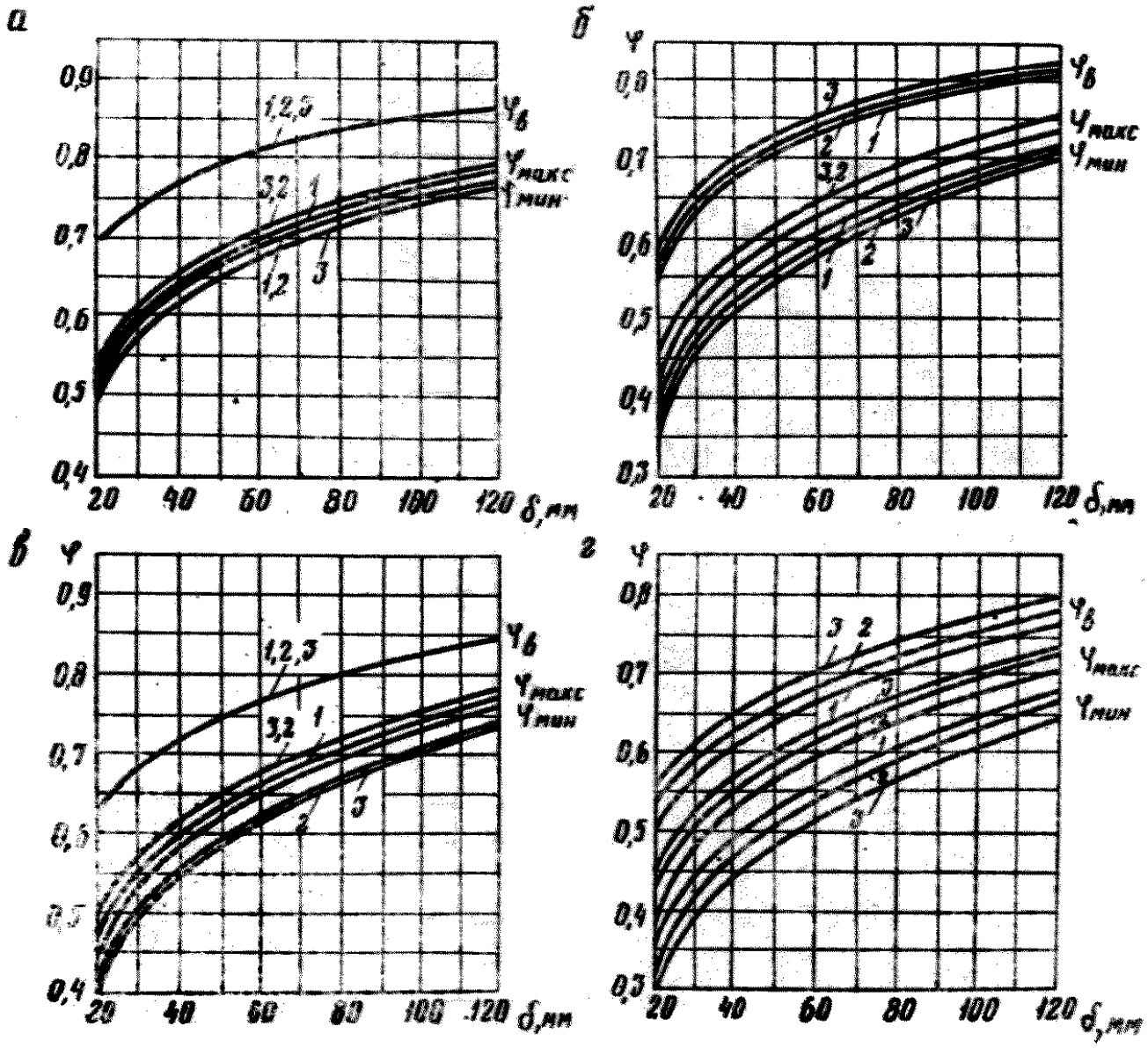
С одним спутником $d_{сп}$ = 0,025 м: а – $d_{тр}$ = 0,089 м; б – $d_{тр}$ = 0,159 м; в – $d_{тр}$ = 0,108 м; г – $d_{тр}$ = 0,219 м; 1 – вода, растворы щелочей и кислот; 2 – масла; 3 – газы



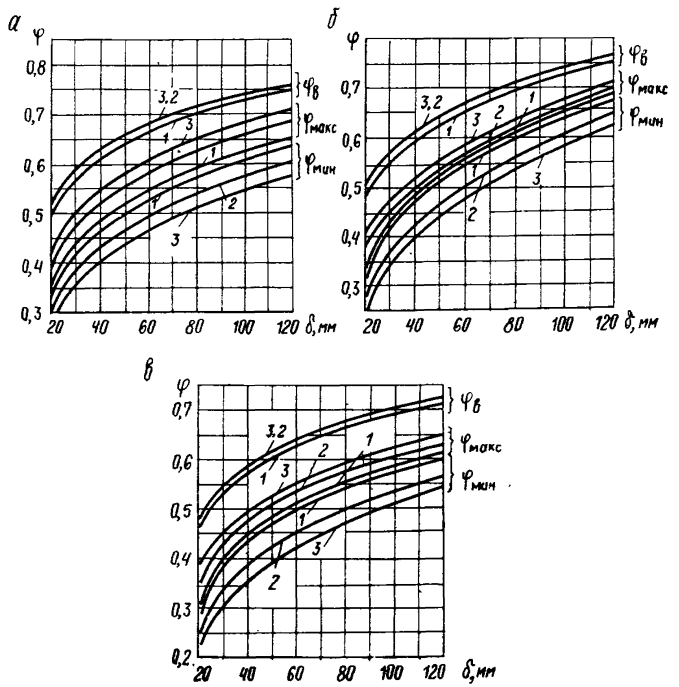
С одним спутником $d_{уп}$ = 0,025 м: а - $d_{тр}$ = 0,273 м; б - $d_{тр}$ = 0,377 м; в - $d_{тр}$ = 0,325 м; г - $d_{тр}$ = 0,426 м; I - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



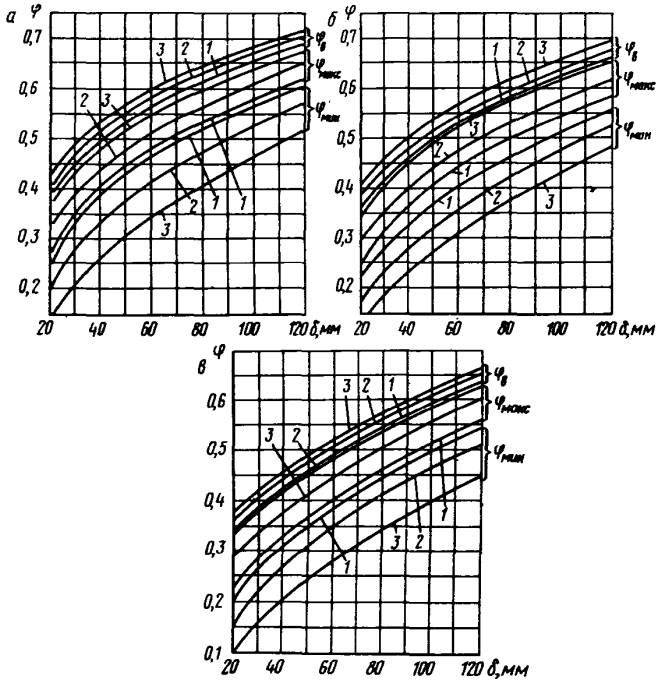
С одним спутником $d_{сп}$ = 0,025 м: а - $d_{тр}$ = 0,529 м; б - $d_{тр}$ = 0,630 м; в - $d_{тр}$ = 0,720 м; I - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



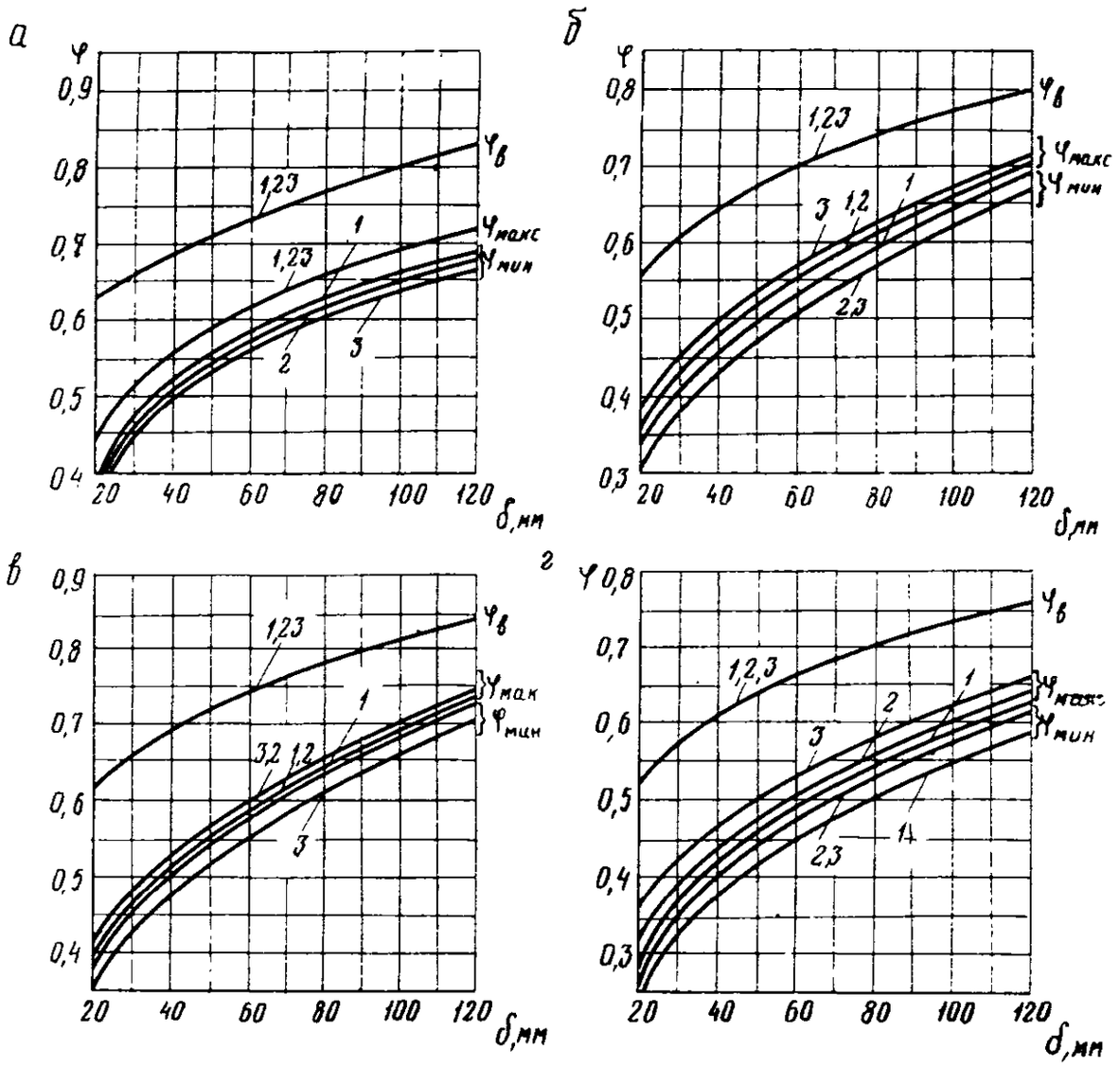
С двумя спутниками $d_{сп}$ = 0,025 м: а - $d_{тр}$ = 0,108 м; б - $d_{тр}$ = 0,219 м; в - $d_{тр}$ = 0,159 м; г - $d_{тр}$ = 0,273 м; I - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



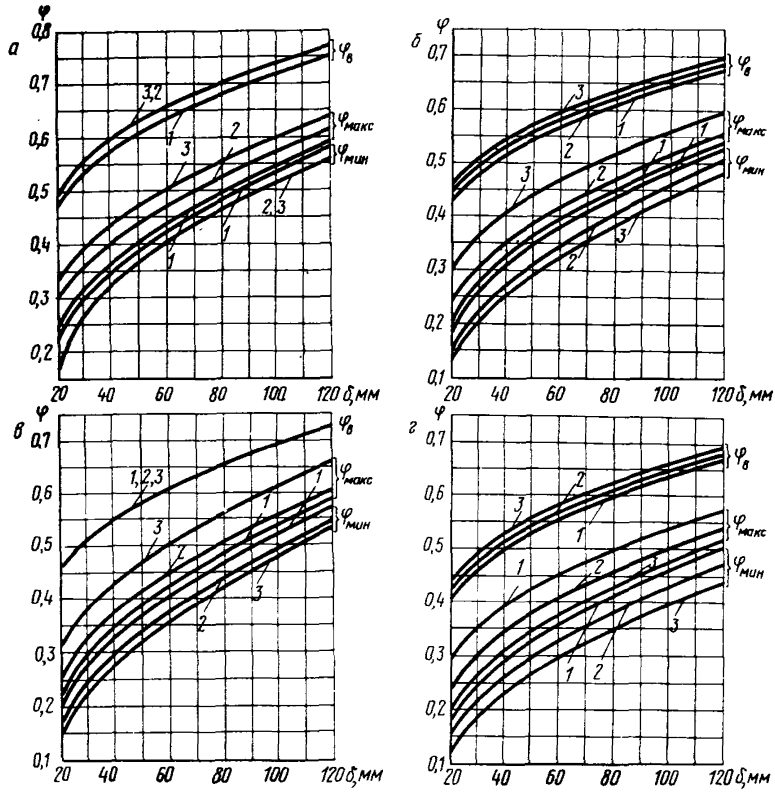
С двумя спутниками $d_{сп}$ = 0,025 м: а – $d_{тр}$ = 0,325 м; б – $d_{тр}$ = 0,377 м; в – $d_{тр}$ = 0,426 м; I – вода, растворн щелочей и кислот; 2 – масла; 3 – газы



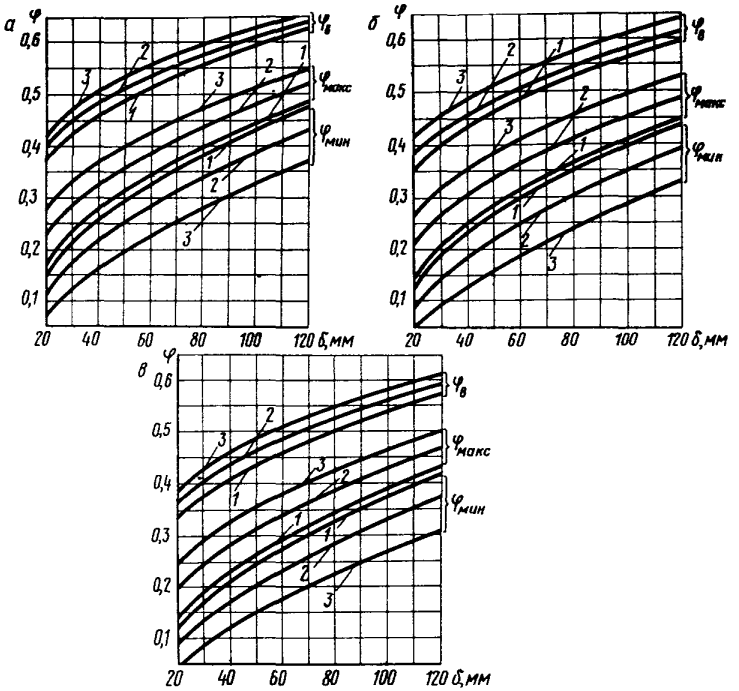
С двумя спутниками $d_{сл}$ = 0,025 м: а - $d_{тр}$ = 0,529 м; б - $d_{тр}$ = 0,630 м; в - $d_{тр}$ = 0,720 м; I - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



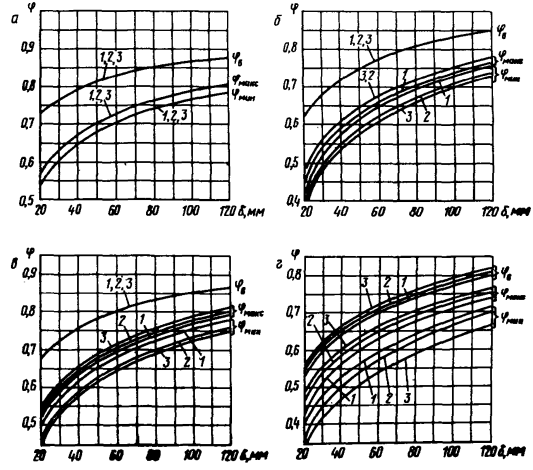
С одним спутником $d_{сп}$ = 0,032 м: а – $d_{тр}$ = 0,089 м; б – $d_{тр}$ = 0,159 м; в – $d_{тр}$ = 0,108 м; г – $d_{тр}$ = 0,219 м; 1 – вода, растворы щелочей и кислот; 2 – масла; 3 – газы



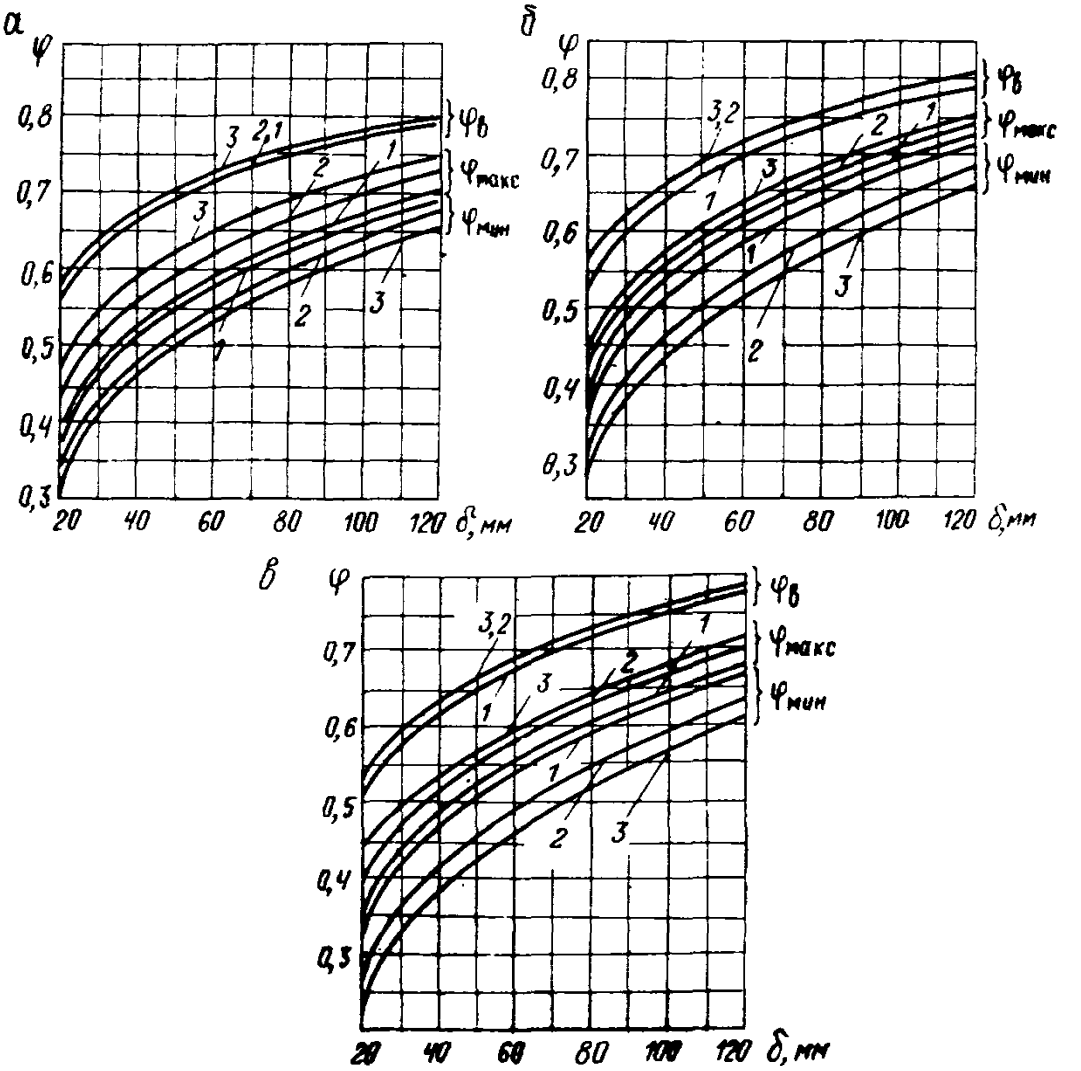
С одним спутником $d_{сп}$ = 0,032 м: а - $d_{тр}$ = 0,273 м; б - $d_{тр}$ = 0,377 м; в - $d_{тр}$ = 0,426 м; I - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



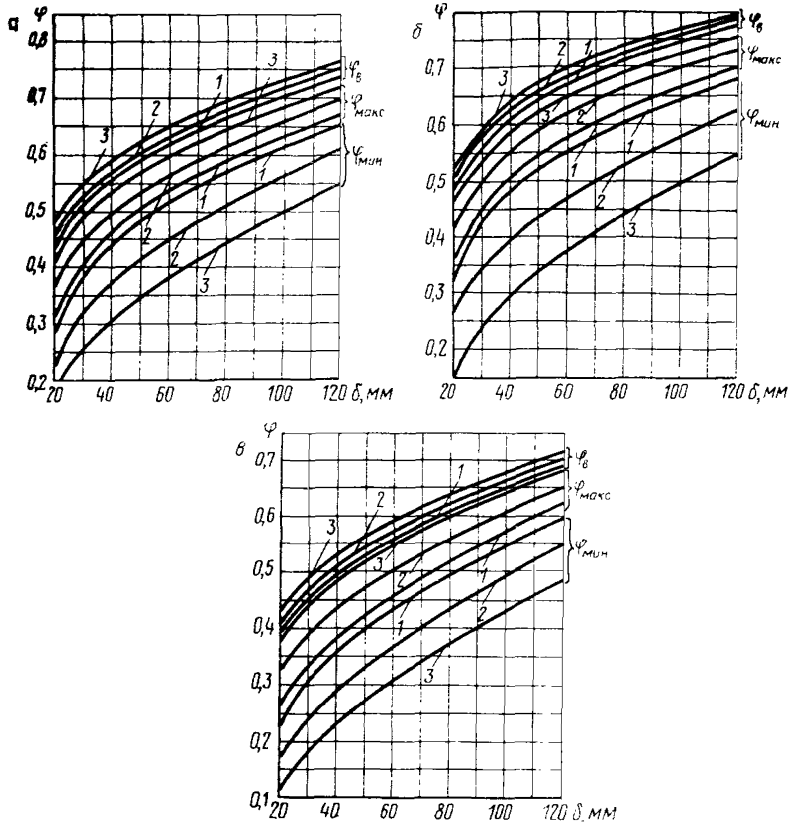
С одним спутником $d_{сп}$ = 0,032 м: а – $d_{тр}$ = 0,529 м; б – $d_{тр}$ = 0,630 м; в – $d_{тр}$ = 0,720 м; I – вода, растворы щелочей и кислот; 2 – масла; 3 – газы



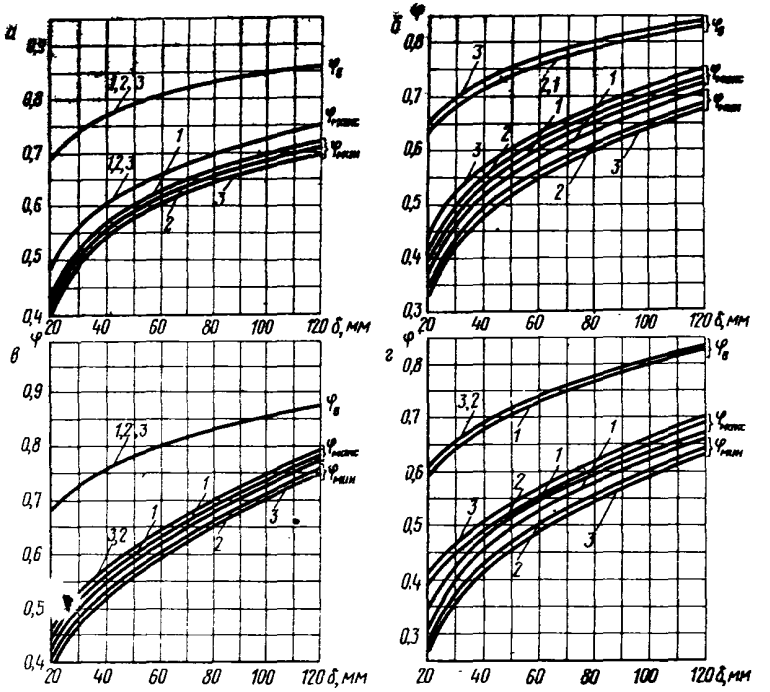
С двумя спутниками $d_{сп}$ = 0,032 м: а – $d_{тр}$ = 0,108 м; б-$d_{тр}$ = 0,219 м; в – $d_{тр}$ = 0,159 м; г – $d_{тр}$ 0,273 м; 1 –вода,растворы щелочей и кислот; 2 – масла; 3 – газы



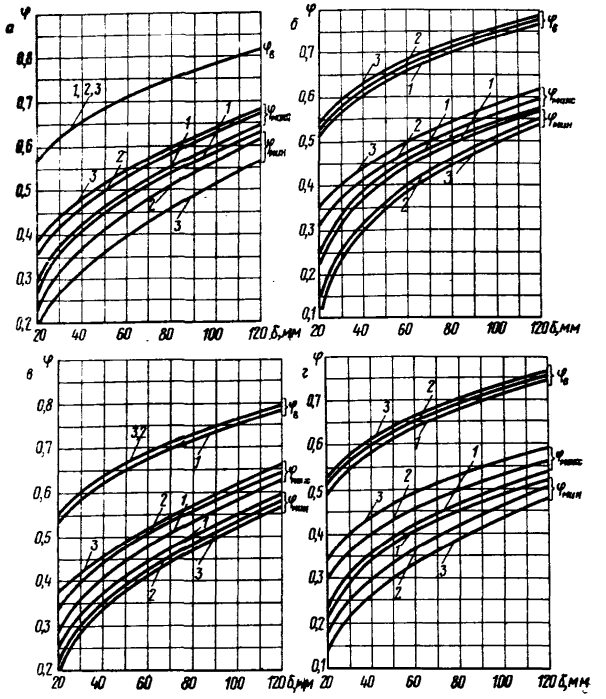
С двумя спутниками $d_{сп}$ = 0,032 м: а - $d_{тр}$ = 0,325 м; б - $d_{тр}$ = 0,377 м; в - $d_{тр}$ = 0,412 м; I - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



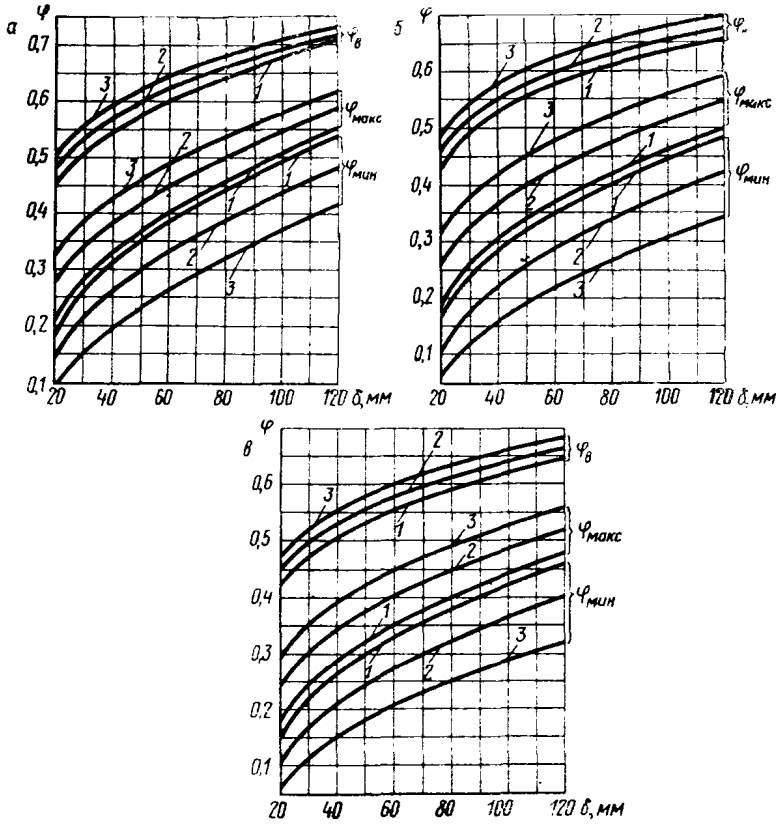
С двумя спутниками $d_{сп}$ = 0,032 м: а - $d_{тр}$ = 0,529 м; б-$d_{тр}$ = 0,630 м; в - $d_{тр}$ = 0,720 м; I - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



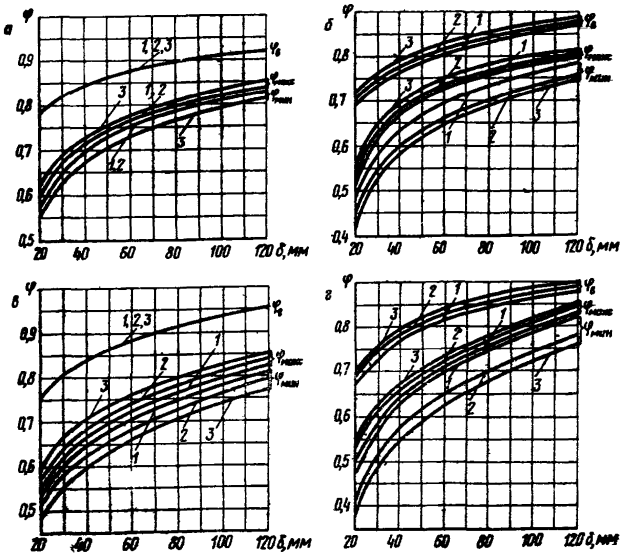
С одним спутником $d_{сп}$ = 0,045 м: а – $d_{тр}$ = 0,089 м; б – $d_{тр}$ = 0,159 м; в – $d_{тр}$ = 0,108 м; г – $d_{тр}$ = 0,219 м; 1 – вода, растворы щелочей и кислот; 2 – масла; 3 – газы



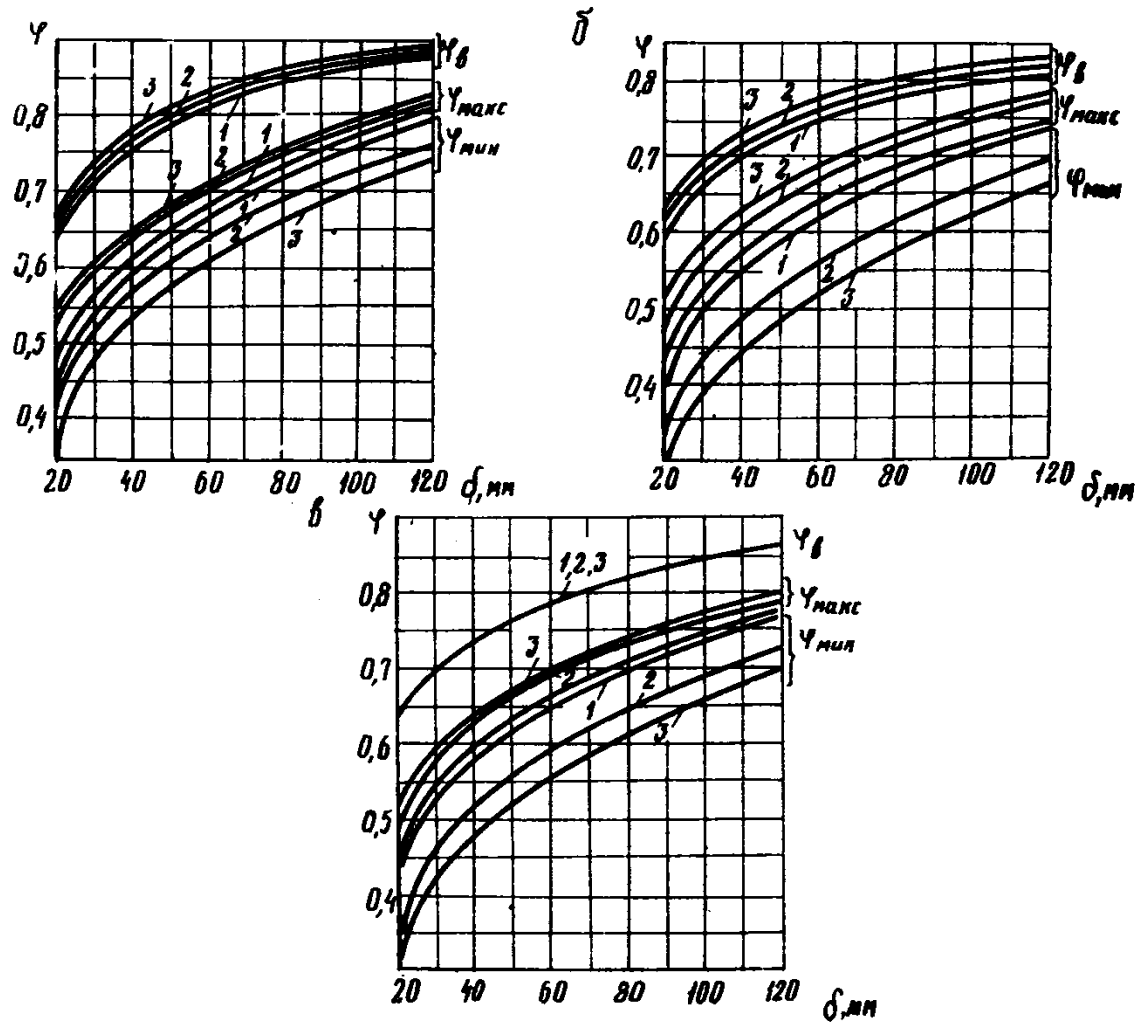
С одним спутником $d_{сп}$ = 0,045 м: а – $d_{тр}$ = 0,273 м; б–$d_{тр}$ = 0,377 м; в – $d_{тр}$ = 0,325 м; г – $d_{тр}$ = 0,426 м; 1 – вода, растворы щелочей и кислот; 2 – масла; 3 – газы



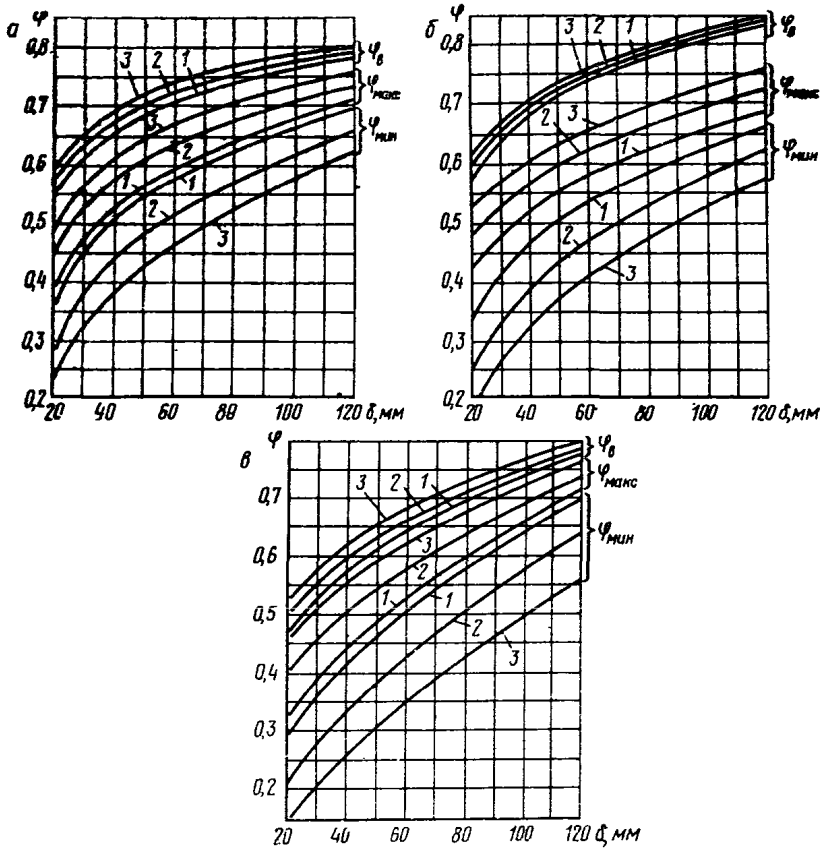
С одним спутником $d_{сп}$ = 0,045 м: а – $d_{тр}$ = 0,529 м; б – $d_{тр}$ = 0,630 м; в – $d_{тр}$ = 0,720 м; I – вода, растворы щелочей и кислот; 2 – масла; 3 – газы



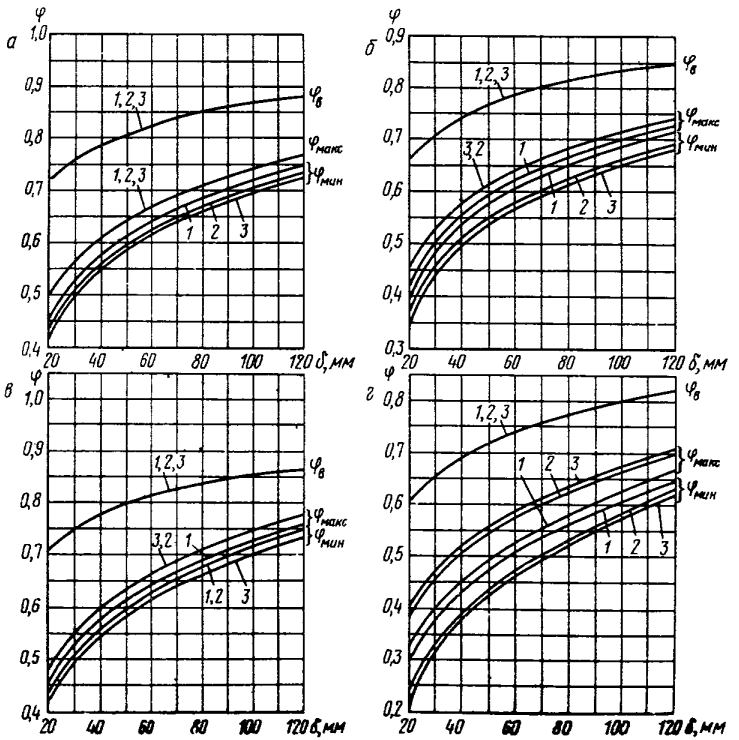
С двумя спутниками $d_{сп}$ = 0,045 м: а – $d_{тр}$ = 0,108 м; б – $d_{тр}$ = 0,219 м; в – $d_{тр}$ – 0,159 м; г – $d_{тр}$ = 0,273 м; 1 – вода, растворы щелочей и кислот; 2 – масла; 3 – газы



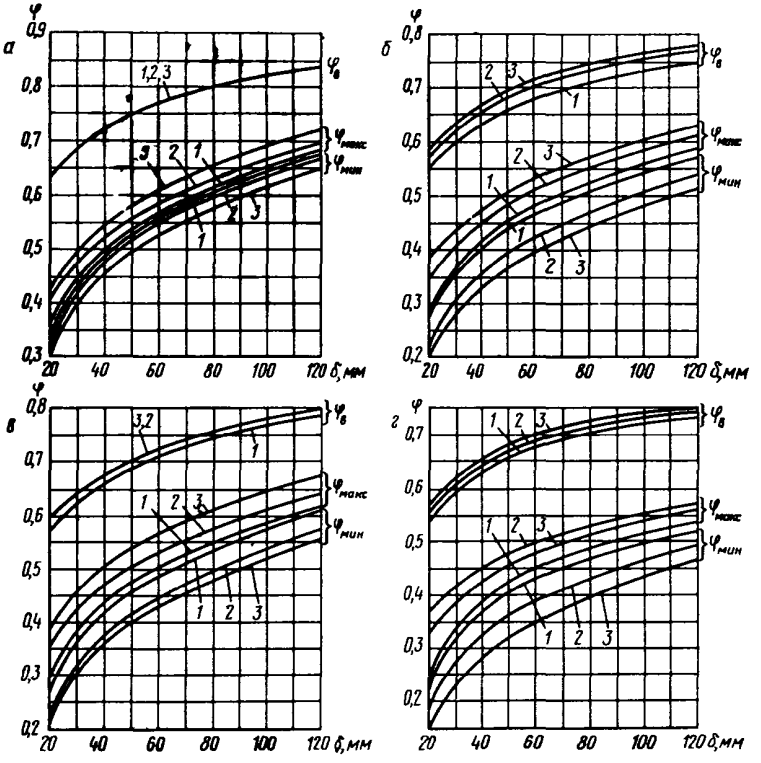
С двумя спутниками $d_{сп}$ = 0,045 м: а – $d_{тр}$ = 0,325 м; б – $d_{тр}$ = 0,426 м; в – $d_{тр}$ = 0,377 м; I – вода, растворы щелочей и кислот; 2 – масла; 3 – газы



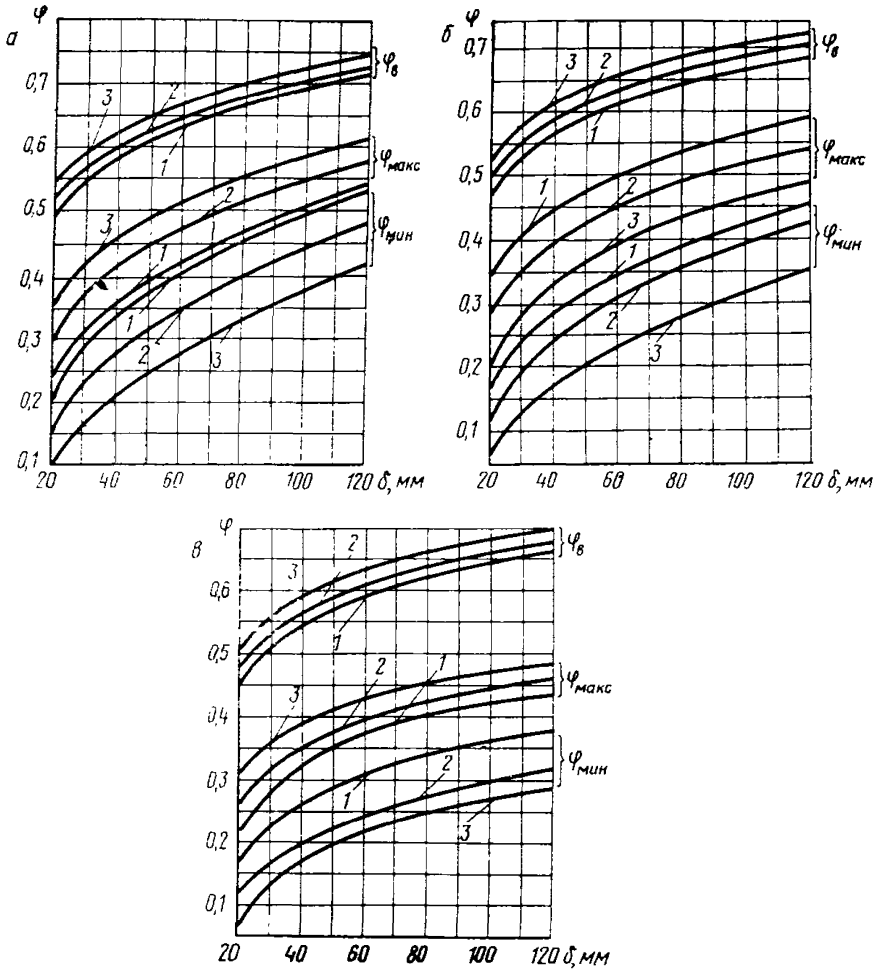
С двумя спутниками $d_{сп}$ = 0,045 м: а - $d_{тр}$ = 0,529 м; б-$d_{тр}$ = 0,630 м; в - $d_{тр}$ = 0,720 м; I - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



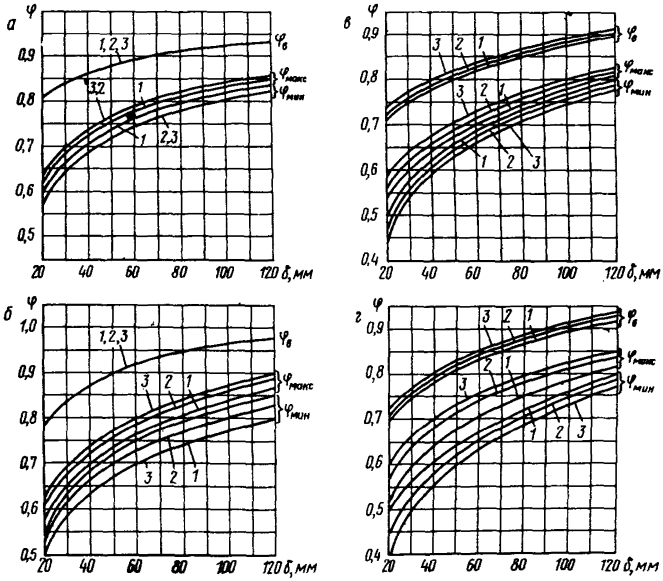
С одним спутником $d_{сп}$ = 0,057 м: а – $d_{тр}$ = 0,089 м; б – $d_{тр}$=0,159 м; в – $d_{тр}$ = 0,108 м; г – $d_{тр}$ = 0,273 м; 1 – вода, растворы щелочей и кислот; 2 – масла; 3 – газы



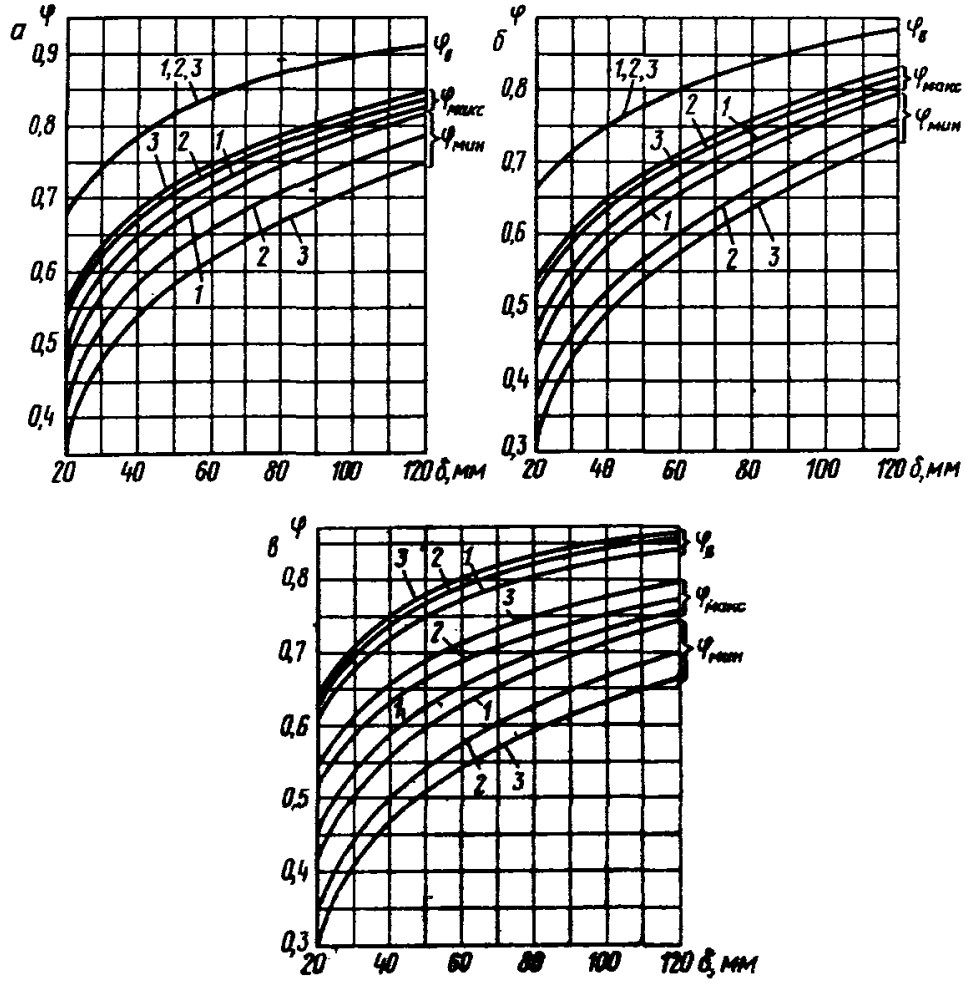
С одним спутником $d_{сп}$ = 0,057 м: а – $d_{тр}$ = 0,219 м; б – $d_{тр}$ = 0,377 м; в – $d_{тр}$ = 0,325 м; г – $d_{тр}$ = 0,426 м; I – вода, растворы щелочей и кислот; 2 – масла; 3 – газы



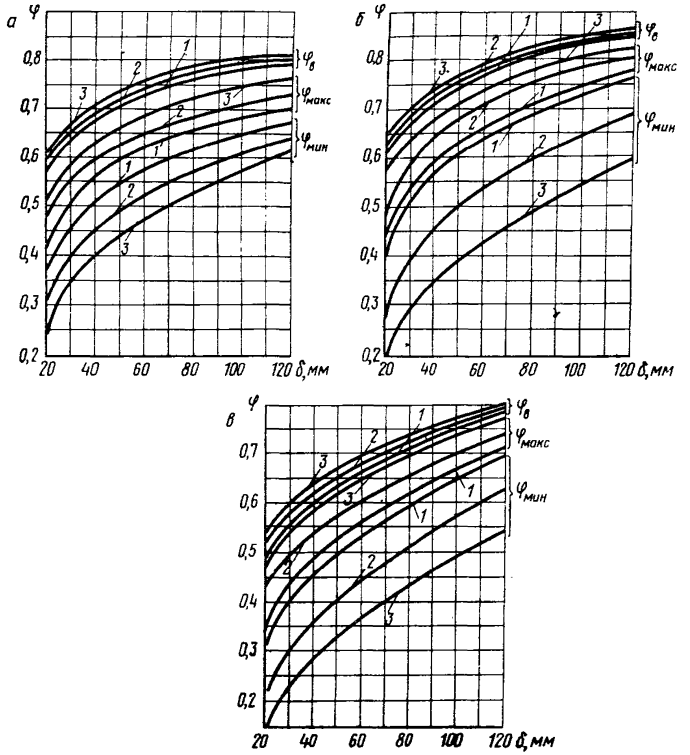
С одним спутником $d_{сл}$ = 0,057 м: а – $d_{тр}$ = 0,529 м; б – $d_{тр}$= 0,630 м; в – $d_{тр}$ = 0,720 м; I – вода, растворы щелочей и кислот; 2 – масла; 3 – газы



С двумя спутниками $d_{сп}$ = 0,057 м: а – $d_{тр}$ = 0,108 м; б – $d_{тр}$ = 0,219 м; в – $d_{тр}$ = 0,159 м; г – $d_{тр}$ = 0,273 м; I – вода, растворы щелочей и кислот; 2 – масла; 3 – газы



С двумя спутниками $d_{сп}$ = 0,057 м: а - $d_{тр}$ = 0,325 м; б - $d_{тр}$ = 0,377 м; в - $d_{тр}$ = 0,426 м; I - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



С двумя спутниками $d_{оп}$ = 0,057 м: а - $d_{тр}$ = 0,529 м; б - $d_{тр}$ = 0,630 м; в - $d_{тр}$ = 0,720 м; I - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы

ПРИЛОЖЕНИЕ I3

Справочное

Примеры расчета теплоизоляционных конструкций продуктопроводов, обогреваемых паровыми и водяными спутниками

Пример I.

Исходные данные. Продуктопровод, транспортирующий нефтепродукт, расположен на открытом воздухе со средней расчетной наружной температурой наиболее холодной пятидневки $-40^{\circ}C$.

Возможна остановка продукта менее чем на I2 ч.

Обогревающий теплоноситель - пар давлением I0 кгс/см^2 и температурой насыщения $t_{сп} = I79^{\circ}C$.

Температуру транспортируемого продукта необходимо поддерживать на уровне $t_{тр} = 60^{\circ}C$.

Наружный диаметр продуктопровода $d_{тр} = 0{,}426$ м.

Требуется. Подобрать диаметр и количество спутников, а также определить толщину изоляционного слоя из вертикально-слоистых минераловатных матов.

Решение. Принимаем тип изоляционной конструкции с естественным углом обогрева (см. рис. 2,б) и схему обогрева I (см. рис.I).

По приложению I находим коэффициент теплопроводности изоляционного слоя:

$$\lambda_{из} = 0{,}044 + 0{,}0003I\ t_{ср}.$$

Определяем $t_{ср}$ по формуле

$$t_{ср} = \frac{t_{сп} + t_{тр} + 2t_{о}}{4} = \frac{I79 + 60 - 80}{4} = 39{,}8^{\circ}C.$$

Тогда $\lambda_{из} = 0{,}044 + 0{,}0003I \times 39{,}8 = 0{,}056$ Вт/м·град.

По приложению 5 получаем ориентировочно количество спутников - I и диаметр $d_{сп} = 0{,}032$ м.

По пп. 3.I6 - 3.I9 находим толщину изоляционного слоя, а по формуле (I4) - безразмерную температуру продуктопровода:

$$\varphi_{тр} = \frac{t_{тр} - t_{о}}{t_{сп} - t_{о}} = \frac{60 + 40}{I79 + 40} = 0{,}456$$

По табл. 9 приложения I0, как для движущегося продукта определяем $\delta_{из} = 0{,}052$ м.

По формуле (I5) находим расчетную толщину изоляции:

$$\delta_p = \delta_{из} \frac{\lambda_{из}}{0,08} K = 0,052 \frac{0,056}{0,08} \times 1,3 = 0,048 \text{ м}.$$

Округляя, получаем расчетную толщину изоляционного слоя δ_p = 0,05 м.

Пример 2.

Исходные данные. Продуктопровод, транспортирующий нефтепродукт, расположен на открытом воздухе со средней расчетной наружной температурой самой холодной пятидневки -40°С.

Возможна остановка продукта более чем на 12 часов.

Диаметр продуктопровода $d_{тр}$ = 0,630 м.

Температуру продукта необходимо поддерживать на уровне $t_{тр} = 30^{\circ}$С.

Обогревающий теплоноситель - вода температурой 150 - 70°С.

Скорость теплоносителя V = 0,8 м/с.

Требуется. Подобрать диаметр и количество обогревающих спутников, определить толщину изоляционного слоя из минераловатных прошивных матов марки 100 и длину обогреваемого участка.

Решение. Принимаем тип изоляционной конструкции с естественным углом обогрева (см. рис.2,б) и схему обогрева 5 (см. рис.1).

По приложению 1 определяем коэффициент теплопроводности изоляционного слоя:

$$\lambda_{из} = 0,045 + 0,0002 t_{ср}.$$

Находим $t_{ср}$ по формуле

$$t_{ср} = \frac{t_{сп} + t_{тр} + 2t_{о}}{4},$$

где температуру спутника согласно п. 3.25 для данной схемы обогрева принимаем:

$$t_{сп} = \frac{t''_{сп} + t''_{сп}}{2} = \frac{150 + 70}{2} = 110^{\circ}\text{С}.$$

Тогда $t_{ср} = \frac{110 + 30 - 80}{4} = 15^{\circ}$С;

$$\lambda_{из} = 0,045 + 0,0002 \times 15 = 0,048 \text{ Вт/м·град}.$$

По приложению 5 получаем ориентировочно количество спутников - 1 и диаметр - $d_{сп}$ = 0,032 м.

Расчет толщины изоляционного слоя (см. п.1.2) следует производить, как для неподвижного продукта.

Согласно пп. 3.24 - 3.26 находим:

$$\varphi_{тр} = \frac{t_{тр}^{мин} - t_0}{t_{сп} - t_0} = \frac{30 + 40}{110 + 40} = 0{,}465.$$

По графику приложения 12 определяем: $\delta_{из} = 0{,}06$ м, $\varphi_в = 0{,}68$.
По формуле (15) находим расчетную толщину изоляционного слоя:

$$\delta_р = \delta_{из} \frac{\lambda_{из}}{0{,}08} K = 0{,}06 \frac{0{,}048}{0{,}08} \times 1{,}3 = 0{,}047 \text{ м}.$$

Согласно приложению 1 принимаем расчетную толщину изоляции $\delta_р = 0{,}05$ м.

Для определения длины обогреваемого участка по п. 3.21 находим по формуле (19) удельный расход тепла

$$q_{сп} = \frac{t_{сп} - \varphi_в (t_{сп} - t_0) - t_0}{R_1},$$

где $R_1 = 0{,}32$ (из табл. 1 приложения 9).

$$q_{сп} = \frac{110 - 0{,}68 (110 + 40) + 40}{0{,}32} = 150 \text{ Вт/м·град}.$$

По приложению 11 находим:

$W_{сп} = 1740$ Вт/град.

Длину обогреваемого участка определяем по формуле (17):

$$l = \frac{W_{сп} (t_{сп}^н - t_{сп}^к)}{q_{сп}} = \frac{1740 (150 - 70)}{150} = 930 \text{ м}.$$

О Г Л А В Л Е Н И Е

I. Общие положения 3
2. Теплоизоляционные материалы и конструкции 5
3. Расчет тепловой изоляции 9
Расчет тепловой изоляции при движущемся продукте.. 9
Расчет тепловой изоляции при неподвижном продукте, I4
4. Расчет температур обогревающей воды и продукта при обогреве магистральных продуктопроводов I5
П р и л о ж е н и е I. Номенклатура и краткая характеристика теплоизоляционных материалов, применяемых в качестве основного теплоизоляционного слоя 20
П р и л о ж е н и е 2. Номенклатура материалов для защитно-покровного слоя и область их применения 25
П р и л о ж е н и е 3. Коэффициенты уплотнения изделий из волокнистых материалов К 26
П р и л о ж е н и е 4. Расстояние между осями изолированных продуктопроводов со спутниками при прокладке на эстакадах 27
П р и л о ж е н и е 5 . Ориентировочный выбор диаметров и количества спутников для продуктопроводов, расположенных в помещении и на открытом воздухе 28
П р и л о ж е н и е 6. Зависимость эффективного критерия Нуссельта от произведения критериев Грасгофа и Прандтля 32
П р и л о ж е н и е 7. Зависимость температурного фактора А от средней температуры 33
П р и л о ж е н и е 8. Коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающий воздух $\alpha_н$ 33
П р и л о ж е н и е 9. Удельные термические сопротивления 34

Приложение 10. Зависимость толщины теплоизоляции $\delta_{из}$, удельного термического сопротивления теплоотдачи R_I и безразмерной температуры воздуха в пространстве, ограниченном изоляцией, φ от диаметров продуктопровода и спутника 40

Приложение 11. График определения водяного эквивалента W в зависимости от скорости теплоносителя 80

Приложение 12. Графики определения толщины изоляции для продуктопроводов при неподвижном продукте. 81

Приложение 13. Примеры расчета теплоизоляционных конструкций продуктопроводов, обогреваемых паровыми и водяными спутниками 105

Редактор Н.М.Движкова
Технический редактор Н.Д.Саморукова
Корректор И.Т.Ширяева

АПЗ968 Подписано в печать 22/П-1978 г.
Формат 60x90/16 Печ.л.6,75 Уч.-изд.л. 3,6
Бумага тип.№ 2 Изд.№ МП-Ш-16-77 Тираж 250
Зак. 131 Цена 52 коп.

ЦБНТИ минмонтажспецстроя СССР
Москва В-49, ул.Димитрова, 38а

gost.e-ecolog.ru