

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

Министерство монтажных и специальных
строительных работ СССР

Утверждаю:
заместитель министра монтажных
и специальных строительных ра-
бот СССР

Л.Д. Солдатников
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

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).

Минмонтажспецстрой СССР	Ведомственные строительные нормы	ВСН 168-76 ММСС СССР
	Инструкция по расчету и проектированию теплоизоляционных конструк- ций продуктопроводов, обог- реваемых паровыми и водяны- ми спутниками	взамен <u>МСН 168-68</u> ММСС СССР

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.1. Настоящая инструкция распространяется на проектирование тепловой изоляции продуктопроводов с положительными температурами, обогреваемых паровыми и водяными спутниками и расположенных на открытом воздухе, в помещениях 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 12 ч, как для неподвижного продукта;

при остановке менее чем на 12 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°C 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°C.

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

Внесены Всесоюзным научно- исследовательским и проектным инсти- тутом Теплопроект	Утвержденны Минмонтажспецстроем СССР 14 декабря 1976 г.	Срок введения 1 июля 1977 г.
---	---	---------------------------------

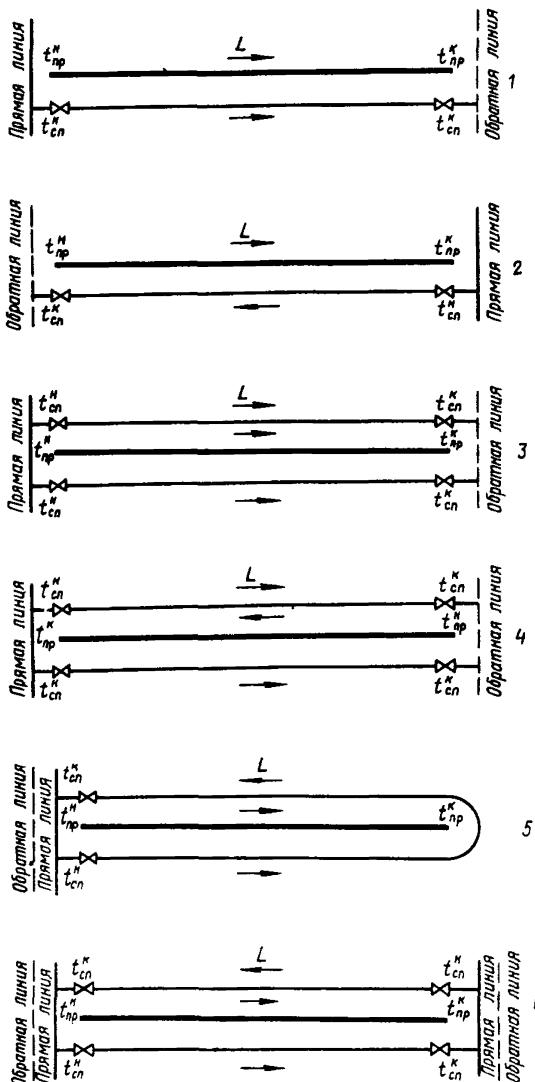


Рис.1. Схемы подключения обогревающих спутников:
 1 - прямоток с одним спутником; 2 - противоток с одним спутником; 3 - прямоток с двумя спутниками; 4 - противоток с двумя спутниками; 5 - смешанный ток с двумя спутниками с односторонней подпиткой; 6 - смешанный ток с двумя спутниками с двусторонней подпиткой

личества спутников, вида теплоносителя, длины обогреваемого участка, расположенного 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 равнозначны;

при необходимости устройства двух спутников для обогрева продуктопроводов с неподвижным продуктом следует использовать схемы 5,6. Схема 6 рекомендуется преимущественно для обогреваемых участков длиной выше 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 159 мм, расположенных в помещении, при температуре продукта до 30°C при обогреве водой и до 60°C 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:

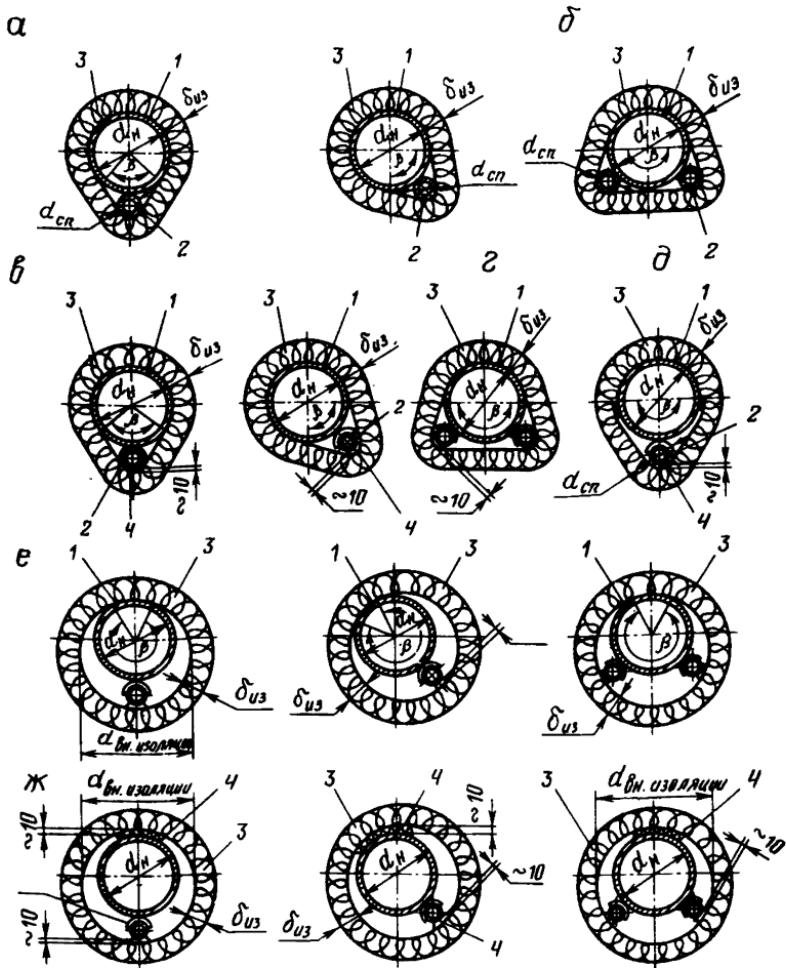


Рис.2. Типы конструкций тепловой изоляции: а - без подкладки, $\beta < 180^\circ$; б - без подкладки, $\beta \approx 180^\circ$; в - с подкладкой, $\beta < 180^\circ$; г - с подкладкой, $\beta \approx 180^\circ$; д - с подкладкой, $\beta = 180^\circ$; е - с подкладкой, $\beta > 180^\circ$; ж - предусматриваемая 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 стеклопластика.

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 K . 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 K и коэффициент K_1 , учитывающий потери в соответствии со сметными нормами:

$$U_b = U_m \cdot K \cdot K_1, \quad (1)$$

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

U_m - объем изоляции в деле, указанный в техномонтажной ведомости или ведомости объемов работ, м^3 .

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

$$d_a = d_p \cdot K \cdot \frac{d_{np} + d_p}{d_{np} + 2d_p}, \quad (2)$$

где d_a - расчетная толщина изоляции в конструкции, указанная в техномонтажной ведомости, м ;

d_{np} - приведенный диаметр ($d_{np} = d_{np} + d_{sp}$), м ;

d_{np} - наружный диаметр продуктопровода, м ;

d_{sp} - 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.

2.16. 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 100 мм.

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

3. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

3.1. При расчете тепловой изоляции расчетная температура окружающей среды t_0 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°C.

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

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:

$$\frac{t_0 - t_0}{R_1} = \frac{t_0 - t_0}{R_2} + \frac{t_{mp} - t_0}{R_3} ; \quad (3)$$

$$\frac{t_0 - t_{mp}}{R_4} = \frac{t_{mp} - t_0}{R_3} , \quad (4)$$

где t_{mp} , t_o , t_b – температура соответственно продукта, окружающего воздуха и воздуха в пространстве, ограниченном изоляцией, $^{\circ}\text{C}$.

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

$$t_{cn} = \frac{t_{cn}'' + t_{cn}^{\prime\prime\prime}}{2}, \quad (5)$$

где t_{cn}'' – температура воды на входе в спутник, $^{\circ}\text{C}$;
 $t_{cn}^{\prime\prime\prime}$ – температура воды на выходе из спутника, $^{\circ}\text{C}$.

3.5. Удельное термическое сопротивление теплоотдаче от спутника в пространство, ограниченное изоляцией, $\text{м}\cdot\text{град}/\text{Вт}$ ($\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{град}/\text{ккал}$), следует вычислять по формуле:

$$R_s = \frac{1}{\pi d_{cn} \vartheta d_{cn}}, \quad (6)$$

где π – число спутников;

d_{cn} – коэффициент теплоотдачи спутника, $\text{Вт}/\text{м}^2\cdot\text{град}$
 $(\text{ккал}/\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{град})$;

d_{cn} – наружный диаметр спутника, м.

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

$$d_{cn} = \frac{Nu_{mp} 2 t_{cn} \lambda_b}{(t_{cn} - t_{mp}) d_{cn}}, \quad (7)$$

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

λ_b – коэффициент теплопроводности воздуха, $\text{Вт}/\text{м}\cdot\text{град}$ ($\text{ккал}/\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{град}$). Его следует подбирать по средней температуре, равной

$$t_{cn} = \frac{t_{cn} + t_{mp}}{2}. \quad (8)$$

3.7. Комплекс $G_r \cdot P_r$ вычисляется по формуле:

$$G_r \cdot P_r = 10^8 A d_{cn}^3 \frac{t_{cn} - t_{mp}}{2}, \quad (9)$$

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

3.8. Термическое сопротивление изоляционного слоя A_2 , м·град/Вт (м·ч·град/ккал), следует вычислять по формуле:

$$R_2 = \frac{1}{\lambda_{uz}^{\prime\prime} \ell_{uz}^{\prime\prime}} + \frac{\delta_{uz}}{\lambda_{uz}^{\prime\prime} \ell_{uz}^{\prime\prime}} + \frac{1}{\lambda_{uz}^{\prime\prime} \ell_{uz}^{\prime\prime}} , \quad (10)$$

где δ_{uz} – толщина изоляции, м;

$\ell_{uz}^{\prime\prime}$ – длина внутренней образующей изоляции, м;

$\ell_{uz}^{\prime\prime}$ – длина наружной образующей изоляции, м;

$$\ell_{uz}^{\prime\prime} = \frac{\ell_{uz}^{\prime\prime} + \ell_{uz}^{\prime\prime}}{2} . \quad (II)$$

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

3.10. Коэффициент теплопроводности изделий в конструкции λ_{uz} Вт/м·град (ккал/м·ч·град) должен приниматься по приложению I.

3.11. Коэффициент теплоотдачи к внутренней поверхности изоляции α_{uz} следует принимать равным 11,6 Вт/м²·град (10 ккал/м²·ч·град).

3.12. Коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающий воздух $\alpha_{uz}^{\prime\prime}$, Вт/м²·град (ккал/м²·ч·град), следует принимать по приложению 8.

3.13. Термическое сопротивление изоляционного слоя A_3 , м·град/Вт (м·ч·град/ккал), вычисляется по формуле:

$$R_3 = \frac{2\pi}{\lambda} \left[\frac{1}{\lambda_{uz}^{\prime\prime} \pi (d_{mp} + 2\delta_{uz})} + \frac{1}{2\pi \lambda_{uz}^{\prime\prime}} \ell_{p} \frac{d_{mp} + 2\delta_{uz}}{d_{mp}} \right] , \quad (12)$$

где λ – 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 продуктотеплопроводу R_4 , м·град/Вт (м·ч·град/ккал), следует вычислять по формуле:

$$R_4 = \frac{2\pi}{\beta} \cdot \frac{1}{\lambda_{mp} \pi d_{mp}} , \quad (13)$$

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.2.8,г значения R_1, R_2, R_3, R_4 следует принимать по таблицам приложения 9.

3.15. Коэффициент теплоотдачи λ_{mp} от воздуха внутри пространства, ограниченного изоляцией, к продуктопроводу следует принимать равным $17,4 \text{ Вт}/\text{м}^2\cdot\text{град}$ ($15 \text{ ккал}/\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{град}$).

3.16. 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.2.8,г следует вести с помощью таблиц приложения 10. Их использование значительно упрощает проведение расчетов без снижения точности конечных результатов.

3.17. С помощью таблиц приложения 10 расчет производят следующим образом. По заданной температуре продукта t_{pr} вычисляют безразмерную температуру продуктопровода φ_{pr} по формуле

$$\varphi_{pr} = \frac{t_{pr} - t_o}{t_{cn} - t_o}, \quad (14)$$

где t_{cn} - температура спутника (принимается согласно требованиям п.3.4 настоящей инструкции).

3.18. В зависимости от выбранного диаметра и температуры спутника, диаметра продуктопровода по рассчитанному значению φ_{pr} из таблиц приложения 10 находят толщину изоляции δ_{uz} , удельное термическое сопротивление теплоотдаче от спутника R , и безразмерную температуру воздуха в пространстве, ограниченном изоляцией, φ .

3.19. Расчетную толщину изоляции вычисляют по формуле:

$$\delta_p = \delta_{uz} \frac{\lambda_{uz}}{0,08} K \psi, \quad (15)$$

где K - коэффициент, учитывающий дополнительные тепловые потери через опоры и арматуру. Для трубопроводов, расположенных в помещениях и тоннелях, $K=1,15+1,2$; для трубопроводов, расположенных на открытом воздухе, $K=1,25+1,3$;

ψ - поправочный коэффициент. При расчетах теплоизоляционных конструкций с естественным углом обогрева без подкладки (см. рис.2.а,б) вводится $\psi=1,15$.

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

изоляцию, расчетную толщину изоляции следует уменьшать на 20%.

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

$$L = \frac{0.9 \cdot \frac{\pi d^2 \eta_{\text{сп}}}{4} \cdot U_n 3600 \bar{J}_n}{q_{\text{сп}}} , \quad (16)$$

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

η - удельная теплота парообразования, Дж/кг (ккал/кг);

$d_{\text{сп}}$ - внутренний диаметр спутника, м;

U_n - скорость пара, м/с;

\bar{J}_n - объемная масса пара, кг/м³;

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

3.21. При обогреве водой длину обогреваемого участка определяют по формуле

$$L = \frac{W_{\text{сп}} (t_{\text{сп}}'' - t_{\text{сп}}^*)}{q_{\text{сп}}} , \quad (17)$$

где $W_{\text{сп}}$ - 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. эис. I) длину обогреваемого участка вычисляют по формуле

$$L = \frac{2 W_{\text{сп}} (t_{\text{сп}}'' - t_{\text{сп}}^*)}{q_{\text{сп}}} . \quad (18)$$

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

$$q_{\text{сп}} = \frac{t_{\text{сп}} - \vartheta (t_{\text{сп}} - t_a) - t_a}{R_1} . \quad (19)$$

Значения ϑ 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:

$$\varphi_{tr}^{\max} = \frac{t_{tr}^{\max} - t_o}{t_{cn} - t_o}; \quad (20)$$

$$\varphi_{tr}^{\min} = \frac{t_{tr}^{\min} - t_o}{t_{cn} - t_o}; \quad (21)$$

$$\varphi_b = \frac{t_o - t_o}{t_{cn} - t_o}, \quad (22)$$

где φ_{tr}^{\max} , φ_{tr}^{\min} - безразмерные температуры продукта соответственно в нижней и верхней частях продуктопровода;

φ_b - безразмерная температура воздуха в пространстве, образованном изоляцией;

t_{tr}^{\max} - температура продукта в нижней части продуктопровода, град;

t_{tr}^{\min} - температура продукта в верхней части продуктопровода, град.

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

3.26. Расчет толщины изоляции ведут в следующем порядке.

В зависимости от условий эксплуатации продуктопровода задаются температурой продукта t_{tr}^{\max} либо t_{tr}^{\min} и по формулам (20, 21) определяют φ_{tr}^{\max} или φ_{tr}^{\min} .

В зависимости от выбранных диаметров спутника и продуктопровода, а также от вычисленных величин φ_{tr}^{\max} или φ_{tr}^{\min} по графикам приложения I2 находят толщину изоляции δ_{tr} и безразмерную температуру φ_b .

Затем вычисляют расчетную толщину изоляции δ_p по формуле (15), длину обогреваемого участка и удельный расход тепла по формулам (16-19) (см. приложение 13).

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

4.1. При необходимости обогрева магистральных продуктопроводов с движущимся продуктом длиной более 1000 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.1) температуру греещей воды $t_{cn}(\mathcal{L})$ и продукта $t_{mp}(\mathcal{L})$ на расстоянии \mathcal{L} определяют по следующим формулам:

$$t_{cn}(\mathcal{L}) = \alpha - \frac{\frac{t_{cn} + \frac{b_1}{a_1 - \rho_1} \bar{t}_{mp}}{\frac{b_1}{a_1 - \rho_1} - \frac{b_2}{a_1 - \rho_1}} \cdot \frac{b_1}{a_1 - \rho_1} \ell^{\alpha \mathcal{L}} + \frac{\bar{t}_{cn} + \frac{b_2}{a_1 - \rho_1} \bar{t}_{mp}}{\frac{b_2}{a_1 - \rho_1} - \frac{b_1}{a_1 - \rho_1}} \cdot \frac{b_2}{a_1 - \rho_1} \ell^{\alpha \mathcal{L}}}{\frac{b_1}{a_1 - \rho_1} - \frac{b_2}{a_1 - \rho_1}}; \quad (23)$$

$$t_{mp}(\mathcal{L}) = \beta + \frac{\bar{t}_{cn} + \frac{b_1}{a_1 - \rho_1} \bar{t}_{mp}}{\frac{b_1}{a_1 - \rho_1} - \frac{b_2}{a_1 - \rho_1}} \cdot \ell^{\alpha \mathcal{L}} - \frac{\bar{t}_{cn} + \frac{b_2}{a_1 - \rho_1} \bar{t}_{mp}}{\frac{b_2}{a_1 - \rho_1} - \frac{b_1}{a_1 - \rho_1}} \cdot \ell^{\alpha \mathcal{L}}. \quad (24)$$

4.3. Относительную температуру \bar{t}_{cn} и \bar{t}_{mp} вычисляют по формулам

$$\bar{t}_{cn} = t_{cn}'' - t_o; \quad (25)$$

$$\bar{t}_{mp} = t_{mp}'' - t_o, \quad (26)$$

где t_{cn}'' - температура воды на входе в спутник, $^{\circ}\text{C}$;
 t_{mp}'' - температура продукта на входе в трубопровод, $^{\circ}\text{C}$.

4.4. Коэффициенты a_1 , b_1 , c_1 , a_2 , b_2 , c_2 , α , β , p_1 и p_2 определяют по формулам:

$$a_1 = \frac{1}{(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_4}) R_1^2 W_{cn}} - \frac{1}{R_1 W_{cn}}; \quad (27)$$

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

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

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

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

$$c_2 = \frac{t_0}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}\right) R_2 R_4 W_{mp}} + \frac{t_0}{R_3 W_{mp}} ; \quad (32)$$

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

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

$$\rho_1 = \frac{(a_1 + b_2) + \sqrt{(a_1 + b_2)^2 - 4(a_1 b_2 - b_1 a_2)}}{2} ; \quad (35)$$

$$\rho_2 = \frac{(a_1 + b_2) - \sqrt{(a_1 + b_2)^2 - 4(a_1 b_2 - b_1 a_2)}}{2} . \quad (36)$$

4.5. Удельные термические сопротивления R_1 , R_2 , R_3 и R_4 вычисляют по формулам (6,10,12,13) или по таблицам приложения 9.

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

$$W_{\text{тр}} = 10^3 W \cdot C_{\text{пр}} \cdot f_{\text{тр}}, \quad (37)$$

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

$f_{\text{тр}}$ - объемная масса продукта при температуре продукта $t_{\text{тр}}$, $\text{кг}/\text{м}^3$.

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

$$t_{\text{сп}}(\mathcal{L}) = \alpha - \frac{\bar{t}_{\text{сп}} \ell^{p_2 \mathcal{L}} + \frac{b_1}{a_1 - p_2} \bar{t}_{\text{тр}}}{\frac{b_1}{a_1 - p_2} \ell^{p_2 \mathcal{L}} - \frac{b_1}{a_1 - p_1} \ell^{p_2 \mathcal{L}}} \cdot \frac{b_1}{a_1 - p_1} \ell^{p_2 \mathcal{L}} + \quad (38)$$

$$+ \frac{\bar{t}_{\text{сп}} \ell^{p_1 \mathcal{L}} + \frac{b_1}{a_1 - p_1} \bar{t}_{\text{тр}}}{\frac{b_1}{a_1 - p_2} \ell^{p_1 \mathcal{L}} - \frac{b_1}{a_1 - p_1} \ell^{p_1 \mathcal{L}}} \cdot \frac{b_1}{a_1 - p_2} \ell^{p_1 \mathcal{L}}$$

$$t_{\text{тр}}(\mathcal{L}) = \beta + \frac{\bar{t}_{\text{сп}} \ell^{p_1 \mathcal{L}} + \frac{b_1}{a_1 - p_2} \bar{t}_{\text{тр}}}{\frac{b_1}{a_1 - p_2} \ell^{p_1 \mathcal{L}} - \frac{b_1}{a_1 - p_1} \ell^{p_1 \mathcal{L}}} \cdot \ell^{p_1 \mathcal{L}} - \quad (39)$$

$$- \frac{\bar{t}_{\text{сп}} \ell^{p_2 \mathcal{L}} + \frac{b_1}{a_1 - p_1} \bar{t}_{\text{тр}}}{\frac{b_1}{a_1 - p_2} \ell^{p_2 \mathcal{L}} - \frac{b_1}{a_1 - p_1} \ell^{p_2 \mathcal{L}}} \cdot \ell^{p_2 \mathcal{L}}.$$

4.8. Коэффициенты a_1 , b_1 , c_1 , a_2 , b_2 , c_2 рассчитывают по следующим формулам:

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

$$b_1 = \frac{1}{(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}) R_1 R_4 W_{\text{сп}}} ; \quad (41)$$

$$C_1 = \frac{t_0}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}\right) R_1 R_2 W_{cn}} ; \quad (42)$$

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

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

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

4.9. Значение $\alpha, \beta, \rho_1, \rho_2, W_{cn}, W_{mp}$ 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/м ³		Расчетный коэффициент теплопроводности в конструкции или λ из 1,16 ккал/м ² ·град	Температура применения, °С	Размеры изделия, 10 ³ , м
		материала	материала в конструкции (без крепежных деталей и покровного слоя)			
I	2	3	4	5	6	7
- 20	-	-	-	-	-	-
Изделия теплоизоляционные из стеклянного шательного волокна						
Плиты полужесткие						
технические:						
марки ПТ-50	ГОСТ 10499-67	50	60	$0,042+0,00035 t_{cp}$	До 180	Длина 1000;
марки ПТ-75	ГОСТ 10499-67	75	90	$0,044+0,00023 t_{cp}$	До 180	ширина 500, 900, 1000, 1500; толщина 30, 40, 50, 60, 70, 80
Маты в рулоне технические:						

Продолжение прил. I

1	2	3	4	5	6	7
марки МРТ-35	ГОСТ 10499-67	35	55	$0,040+0,00041 t_{cp}$	До 180	Длина 7000 - 13000; ширина 500, 900, 1000, 1500; толщина 30, 40,50,60,70, 80
марки МРТ-50	ГОСТ 10499-67	50	80	$0,042+0,00035 t_{cp}$		
Конструкции полносборные ТУ 36-II180-70 теплоизоляционные минераловатные с различными покрытиями		Соответствуют минераловатным изделиям, применяемым для изготовления конструкций			Длина 540 - 1040 для $d_{mp}=$ = 25,32,45, 57,89,108, 159,219,273; толщина 30, 40,50,60 для $d_{mp}=19-89$; 40,50,60 для $d_{mp}=108-159$; 40,50,60,70, 80,90 для $d_{mp}=219-273$	
Листы теплоизоляционные минераловатные вертикально-слоистые с раз-	ТУ 36-1674-73	Не более 100	$0,044+0,00031 t_{cp}$	До 300	Толщина 40, 50,60,70,80, 90,100	

Продолжение прил. I

1	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-7-19-68	I00	I30	$0,045+0,00020t_{cp}$	До 600 Длина I000 –
марки I50.	МРТУ 7-19-68	I50	200	$0,0535+0,000185t_{cp}$	при об-2500; ширина
марки 200	МРТУ 7-19-68	200	260	$0,058+0,000185t_{cp}$	кладке 500-1500; из ме- толщина 40, талли- 60,80,100 ческой сетки; до 400 при об- кладке из стек- лянной ткани

Плиты и маты теплоизоляционные из минеральной ваты на синтетическом

Продолжение прил. I

1	2	3	4	5	6	7
связующем:						
плиты мягкие и маты	ГОСТ 9573-72					
марки 50		50	75	$0,040+0,00029 t_{cp}$	До 400	Плиты Длина 1000; ширина 500, 1000; толщи- на 40,50, 60
марки 75		75	115	$0,043+0,00022 t_{cp}$		
плиты полужесткие						
ГОСТ 9573-72						
марки I00		100	120	$0,044+0,00021 t_{cp}$	До 400	Маты Длина 2000, 3000, 4000; ширина 500, 1000; толщи- на 70,80,90, 100
марки I25		125	150	$0,047+0,000185 t_{cp}$		
Полуцилиндры теплоизо- ляционные из минераль- ной ваты на синтетиче- ском связующем:						
ГОСТ 14357-69						
марки I00		100	100	$0,047+0,00020 t_{cp}$	До 300	Длина 500, внутри 1000; толши- на 40,50,60
марки I50		150	150	$0,049+0,00020 t_{cp}$	внешне- для $t_{cp} = 57$,	
марки 200		200	200	$0,052+0,000185 t_{cp}$	до 400 вне по- меще- ния	76,89,108

Продолжение прил. 4

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

Цилиндры полные теплоизо- ГОСТ 14356-69

ляционные из минеральной

ваты на синтетическом

связующем:

марки 150	150	150	$0,049+0,00020 t_{cp}$	To же	Длина 500,
марки 200	200	200	$0,052+0,000185 t_{cp}$		750, 1000,
марки 250	250	250	$0,056+0,000185 t_{cp}$		1500; толщи- на 30,40,50 для $d_{mp}=57,$ 76,89; 40,50,60 для $d_{mp}=108,133,$ 159; 50,60 для $d_{mp}=219,273$

- 24 -

П р и м е ч а н и е . Среднюю температуру теплоизоляционного слоя t_{cp} определяют по фор-
муле

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

где t_{cn} - 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, выби- раемой в зависимости от окру- жающей среды и условий эксплуа- тации
Из стали рулонной холоднока- танной с полимерным покрытием (металлоласт)	В помещении
Из алюминия и алюминиевых сплавов и материалы, дублиро- ванные алюминиевой фольгой	В помещении и на открытом воздухе. Не рекомендуется без спе- циальной противокоррозионной окраски на производствах с нали- чием агрессивных сред
Каландрированная пленка из винилпласта	Для покрытия тепловой изоляции продуктопроводов, находящихся в условиях, исключающих воздейст- вие солнечной радиации, в тон- нелях, каналах и помещениях
Скорлупы и листы из стекло- пластика и оболочки из стек- лоцемента	На приямкowych участках в соответствии с техническими ус- ловиями на открытом воздухе, в помещении и тоннелях
Лакостеклоткань для тепло- изоляционных 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_{mp}

Материал	Толщина листов для покрытия (мм) при $d_{mp} \cdot 10^3$, м		
	до 350	350 - 600	свыше 600
Сталь тонколистовая кровельная, оцинкованная	0,4 - 0,5	0,8	0,8 - 1,0
Листы из алюминия и алюминиевых сплавов	0,5	0,8	0,8 - 1,0
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

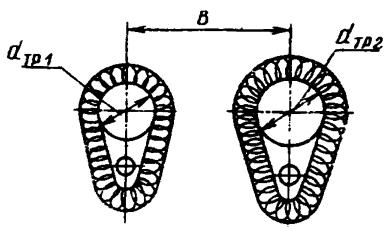
Теплоизоляционные изделия	Значение расчетного К
Плиты мягкие минераловатные на синтетическом связующем	1,5
Маты минераловатные прошивные	1,2
Плиты минераловатные полужесткие на синтетическом связующем	1,2
Полосы и маты из непрерывного стекловолокна прошивные при применении на продуктопроводах до	
$d_{mp} = 273$ мм	1,3
$d_{mp} = 273$ мм и более	1,15
Маты теплоизоляционные минераловатные вертикально-слоистые при применении на продуктопроводах	
до $d_{mp} = 159$ мм	1,3
$d_{mp} = 219 \div 325$ мм	1,2
$d_{mp} = 377$ мм и более	1,1

П р о д о л ж е н и е п р и л . 3

1	2
Плиты полуквадратные из стеклянного штапельного волокна (технические и строительные)	1,15
Маты из стеклянного штапельного волокна	1,8

П Р И Л О Ж Е Н И Е 4

Расстояние между осями изолированных продуктопроводов со спутниками при прокладке на эстакадах



d _{тпк} диаметр продукто-	d _{тпк} диаметр провода	d _{тпк}											
		45	57	89	108	159	219	273	325	377	426	529	630
Расстояние между изолированными продуктопроводами В, 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
108	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
159	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
219	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

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Справочное

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

		$t_o = +10^{\circ}\text{C}$												$t_o = -40^{\circ}\text{C}$												
		$d_{np} \cdot 10^3, \text{м}$												$d_{np} \cdot 10^3, \text{м}$												
		$t_{np}, ^{\circ}\text{C}$												$t_{np}, ^{\circ}\text{C}$												
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
I80	I	II5	II0	I05	I05	90	85	80	75	70	60	60	I00	95	85	75	60	55	50	50	40	30	25			
	2	-	I35	I30	I25	II5	II0	II0	I00	I00	90	90	-	I25	II5	II0	I00	85	95	75	75	60	60			
I50	I	I00	95	90	90	75	70	65	65	60	50	50	80	80	70	60	50	45	40	35	25	20	I5			
	2	-	II5	II0	I05	95	90	95	85	85	75	75	-	I05	95	90	80	70	75	60	60	50	50			
I30	I	85	80	80	75	65	60	60	55	50	45	45	70	65	60	50	40	35	30	30	20	I5	I0			
	2	-	I00	95	90	85	80	80	75	70	65	65	-	90	80	75	65	60	65	50	50	40	40			
II0	I	75	'0	65	65	55	55	50	50	45	40	40	55	55	45	40	30	30	20	20	I0	5	5			
	2	-	85	80	75	70	65	70	65	60	55	55	-	70	65	60	55	45	50	40	40	30	30			
90	I	60	60	55	55	45	45	40	40	35	35	30	40	40	35	30	20	20	I5	I0	5	-	-			
	2	-	'0	65	65	60	55	55	50	50	45	45	-	60	50	45	40	35	40	30	30	20	20			
25	I	45	45	45	45	35	35	35	30	30	25	25	25	30	30	20	20	I0	5	5	-	-	-			
	2	-	55	50	50	45	45	45	40	40	35	35	-	45	35	35	30	25	25	20	20	I0	I0			
70	I	40	40	40	35	35	30	30	30	25	25	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	2	-	45	45	40	40	40	40	35	35	35	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
60	I	40	40	40	35	35	30	30	30	25	25	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	2	-	45	45	40	40	40	40	35	35	35	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

П р о д о л ж е н и е п р и л . 5

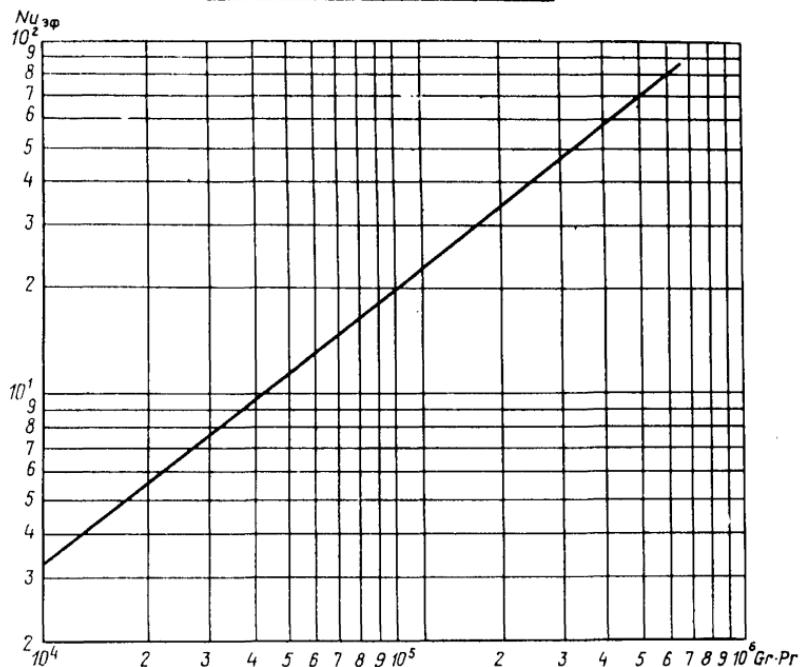
Продолжение прил. 5

	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
	30	I	20	25	20	20	20	20	20	15	15	15	15	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	25	25	25	20	20	20	20	20	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	I80	I	I25	I30	I20	II10	I05	I00	95	90	85	75	70	II10	II15	I05	90	85	80	70	60	55	45	40	
		2	-	I50	I40	I35	I35	I35	I25	I20	II15	II10	II10	-	I40	I30	I20	I20	I20	II10	I05	95	85	85	
	I50	I	I05	II10	I00	95	90	85	80	75	70	65	60	90	95	85	75	70	60	55	50	45	35	30	
		2	-	I25	II15	II10	II15	II10	I05	I00	95	90	90	-	II15	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	
	II10	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	
	I90	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	
	I70	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	
	I60	I	45	45	40	40	35	35	30	30	30	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		2	-	50	45	45	45	45	45	40	40	40	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	I50	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	
	I40	I	30	30	30	30	25	25	25	25	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		2	-	35	30	30	30	30	30	30	30	25	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	I30	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	II15	II10	I00	95	90	85	75	60	II15	I20	I05	I00	90	75	70	60	55	45	25	
		2	-	I45	I45	I40	I35	I35	I30	I25	II15	I20	I05	-	I40	I40	I25	I25	I25	I20	I05	95	I00	85	

Продолжение прил. 5

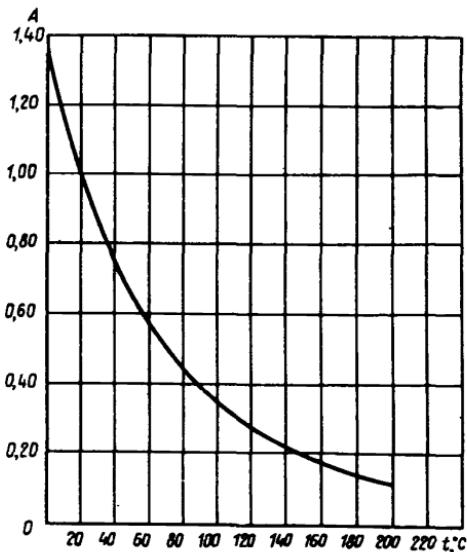
ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Справочное

Зависимость эффективного критерия Нуссельта от произведения
критерия Грасгоба и Прандтля



ПРИЛОЖЕНИЕ 7
Справочное

Зависимость температурного фактора A от средней температуры



ПРИЛОЖЕНИЕ 8
Справочное

Коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающий воздух d_h

Местоположение изолируемого объекта	$d_h, \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{град} (\text{d}, \text{I}, 16 \text{ ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$ для трубопроводов и оборудования диаметром, м	d_h	
		$d < 2$	$d > 2$

На открытом воздухе 29 34,8

В помещениях и тоннелях для изоляции с покрытиями, имеющими коэффициент излучения:

$C = 1,2+2,3 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{град}^4$ 5,8 7,0

$C = 4,6+5,3 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{град}^4$ 10,5 11,6

В непроходных каналах 8,1 -

ПРИЛОЖЕНИЕ 9
Справочное

Удельные термические сопротивления

Таблица I
Значения R ,

$d_{\text{сп}} \cdot 10^3, \text{м}$	$t_{\text{сп}}, ^\circ\text{C}$	Температура продуктопровода $t_{mp}, ^\circ\text{C}$						
		30	50	70	90	100	120	130
		$R, \text{м}\cdot\text{град}/\text{Вт} (R \cdot 0,86 \text{ м}\cdot\text{ч}\cdot\text{град}/\text{ккал})$						
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	0,51	0,57	0,63	0,71	0,74	0,84	0,91
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	0,18	0,19	-	-	-	-	-
	90	0,15	0,17	0,20	-	-	-	-
	I20	0,14	0,15	0,17	0,20	0,21	-	-
	I50	0,13	0,15	0,16	0,18	0,19	0,22	0,23
57	40	0,16	-	-	-	-	-	-
	70	0,11	0,13	-	-	-	-	-
	90	0,10	0,11	0,14	-	-	-	-
	I20	0,10	0,10	0,12	0,14	0,15	-	-
	I50	0,10	0,10	0,11	0,13	0,15	0,16	-

Продолжение прил. 9

Т а б л и ц а 2

Значения R_4

$d_{np} \cdot 10^3$, 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

Значения R_2

Расчетный коэффициент теплопроводности в конструкции												Толщина изоляции					
0,058		0,081		0,14		Толщина изоляции											
20	40	60	100	120	20	40	60	100	120	20	40	60	100	120			
Диаметр спутника $d_{\text{сп}} = 0,025 \text{ м}$																	
$R_2, \text{м} \cdot \text{град}/\text{Вт} (R_2 \cdot 0,02)$																	
45	2,78	4,10	5,11	6,46	6,95	2,21	3,16	3,85	4,81	5,15	1,61	2,14	2,55	3,09	3,29		
57	2,74	4,13	5,18	6,65	7,19	2,18	3,33	3,90	4,94	5,32	1,58	2,14	2,56	3,16	3,38		
89	2,61	4,03	5,20	6,87	7,53	2,06	3,07	3,88	5,09	5,55	1,50	2,07	2,55	3,23	3,49		
108	2,52	3,95	5,11	6,90	7,59	2,00	3,01	3,84	5,10	5,59	1,45	2,03	2,50	3,23	3,51		
159	2,31	3,71	4,89	6,80	7,59	1,83	2,81	3,66	5,02	5,57	1,32	1,89	2,37	3,16	3,48		
219	2,12	3,44	4,61	6,57	7,41	1,68	2,61	3,45	4,84	5,43	1,20	1,75	2,23	3,04	3,37		
273	1,97	3,25	4,39	6,34	7,18	1,56	2,46	3,28	4,66	5,26	1,13	1,65	2,12	2,92	3,27		
325	1,84	3,08	4,18	6,12	6,98	1,46	2,33	3,12	4,50	5,11	1,06	1,56	2,02	2,81	3,17		
377	1,76	2,94	4,01	5,92	6,76	1,39	2,22	2,99	4,35	4,95	1,00	1,48	1,93	2,71	3,06		
426	1,68	2,81	3,85	5,74	6,58	1,32	2,12	2,87	4,21	4,81	0,96	1,42	1,86	2,63	2,98		
529	1,63	2,60	3,59	6,39	6,21	1,21	1,96	2,68	3,97	4,54	0,88	1,31	1,72	2,47	2,81		
630	1,44	2,43	3,38	5,10	5,90	1,14	1,83	2,50	3,74	4,32	0,82	1,22	1,61	2,33	2,67		
720	1,35	2,30	3,20	4,89	5,66	1,07	1,75	2,38	3,59	4,14	0,77	1,18	1,53	2,23	2,55		
Диаметр спутника $d_{\text{сп}} = 0,045 \text{ м}$																	

Лиц, Вт/м·град ($\lambda_{\text{из}}$ · 1,16 ккал/м·ч·град)												Диаметр спутника $d_{\text{сп}} = 0,032 \text{ м}$					
0,058		0,081		0,14		Диаметр спутника $d_{\text{сп}} = 0,032 \text{ м}$											
20	40	60	100	120	20	40	60	100	120	20	40	60	100	120			
Диаметр спутника $d_{\text{сп}} = 0,032 \text{ м}$																	
Диаметр спутника $d_{\text{сп}} = 0,057 \text{ м}$																	

45	1,89	2,89	3,67	4,80	5,22	1,50	2,21	2,76	3,56	3,86	1,09	1,50	1,82	2,27	2,44		
57	1,88	2,90	3,72	5,07	5,37	1,49	2,21	2,79	3,64	3,97	1,08	1,49	1,82	2,31	2,50		
89	1,82	2,86	3,72	5,04	5,56	1,43	2,17	2,78	3,73	4,09	1,04	1,46	1,82	2,36	2,57		
108	1,76	2,81	3,68	5,06	5,61	1,39	2,13	2,76	3,73	4,13	1,02	1,44	1,79	2,36	2,58		
159	1,65	2,68	3,55	5,01	5,61	1,31	2,03	2,66	3,69	4,12	1,20	1,36	1,72	2,31	2,56		
219	1,53	2,51	3,38	4,86	5,50	1,21	1,90	2,52	3,58	4,03	0,83	1,27	1,63	2,25	2,50		
273	1,44	2,38	3,23	4,70	5,35	1,14	1,81	2,42	3,47	3,92	0,83	1,21	1,56	2,17	2,43		
325	1,36	2,27	3,10	4,57	5,21	1,08	1,72	2,31	3,35	3,81	0,78	1,15	1,49	2,10	2,37		
377	1,30	2,18	2,98	4,42	5,07	1,02	1,65	2,22	3,25	3,71	0,74	1,10	1,43	2,03	2,30		
426	1,25	2,10	2,88	4,30	4,94	0,98	1,59	2,14	3,16	3,62	0,71	1,06	1,39	1,97	2,24		
529	1,15	1,94	2,69	4,06	4,69	0,91	1,48	2,00	2,98	3,42	0,65	0,99	1,30	1,87	2,12		
630	1,08	1,82	2,54	3,85	4,46	0,85	1,39	1,89	2,83	3,27	0,61	0,93	1,22	1,76	2,02		
720	1,02	1,74	2,42	3,70	4,29	0,80	1,32	1,81	2,72	3,14	0,59	0,88	1,18	1,69	1,94		

Расчетный коэффициент теплопроводности в конструкции

	0,058	0,081	0,14	Толщина изоляции												
	20	40	60	100	120	20	40	60	100	120	20	40	60	100	120	
Диаметр спутника $d_{\text{сп}} = 0,025 \text{ м}$																
$R_3, \text{ м} \cdot \text{град}/\text{Вт}$																
45 3,74 5,77 7,24 9,37 10,18 2,74 4,17 5,21 6,71 7,29 1,70 2,50 3,10 3,95 4,28 57 2,86 4,53 5,78 7,61 8,33 2,11 3,29 4,16 5,46 5,97 1,32 1,97 2,48 3,22 3,51 89 1,75 2,91 3,81 5,21 5,77 1,30 2,11 2,74 3,73 4,14 0,81 1,27 1,64 2,20 2,43 108 1,43 2,40 3,18 4,41 4,92 1,05 1,74 2,30 3,17 3,53 0,66 1,05 1,37 1,87 2,06 159 0,94 1,63 2,21 3,17 3,57 0,70 1,18 1,59 2,28 2,56 0,44 0,71 0,96 1,34 1,51 219 0,66 1,18 1,63 2,39 2,72 0,49 0,85 1,17 1,72 1,95 0,31 0,53 0,71 1,02 1,15 273 0,53 0,94 1,32 1,96 2,25 0,39 0,68 0,96 1,41 1,62 0,24 0,41 0,57 0,83 0,96 325 0,44 0,79 1,11 1,68 1,93 0,32 0,58 0,80 1,20 1,39 0,21 0,35 0,48 0,72 0,82 377 0,37 0,68 0,96 1,51 1,69 0,28 0,49 0,70 1,05 1,21 0,17 0,30 0,41 0,62 0,71 426 0,33 0,55 0,85 1,31 1,51 0,24 0,44 0,61 0,94 1,08 0,16 0,27 0,37 0,56 0,64 529 0,26 0,48 0,68 1,06 1,24 0,19 0,35 0,50 0,77 0,89 0,12 0,22 0,30 0,46 0,53 630 0,22 0,40 0,58 0,99 1,05 0,16 0,22 0,41 0,65 0,76 0,10 0,18 0,25 0,39 0,45 720 0,19 0,35 0,51 0,79 0,93 0,14 0,26 0,36 0,57 0,66 0,09 0,16 0,22 0,34 0,39																
Диаметр спутника $d_{\text{сп}} = 0,045 \text{ м}$																

45 4,45 8,85 8,62 11,14 12,11 3,26 4,96 6,19 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 1,54 2,31 2,90 3,77 4,11
89 2,00 3,31 4,35 5,94 6,58 1,48 2,40 3,13 4,26 4,71 0,92 1,45 1,87 2,51 2,77
108 1,60 2,70 3,59 4,98 5,55 1,18 1,95 2,59 3,58 3,98 0,74 1,18 1,54 2,11 2,35
159 1,04 1,80 2,44 3,50 3,95 0,77 1,31 1,76 2,51 2,83 0,36 0,79 1,05 1,49 1,67
219 0,72 1,28 1,78 2,61 2,97 0,54 0,93 1,28 1,87 2,12 0,34 0,57 0,77 1,11 1,26
273 0,57 1,02 1,42 2,12 2,43 0,42 0,74 1,02 1,52 1,74 0,27 0,45 0,62 0,90 1,02
325 0,46 0,84 1,19 1,51 2,09 0,36 0,62 0,86 1,29 1,49 0,22 0,37 0,52 0,78 0,88
377 0,40 0,73 1,02 1,56 1,79 0,30 0,53 0,74 1,11 1,29 0,19 0,32 0,44 0,67 0,76
426 0,35 0,63 0,88 1,39 1,61 0,25 0,46 0,65 0,99 1,15 0,16 0,28 0,39 0,58 0,68
529 0,28 0,51 0,72 1,19 1,31 0,21 0,37 0,53 0,81 0,94 0,13 0,22 0,33 0,49 0,55
630 0,22 0,43 0,62 0,95 1,10 0,16 0,32 0,44 0,69 0,80 0,10 0,19 0,28 0,40 0,47
720 0,19 0,38 0,53 0,82 0,97 0,15 0,27 0,38 0,60 0,70 0,10 0,16 0,24 0,36 0,41

Значения R_3

$\lambda_{\text{из}} \text{, Вт}/\text{м} \cdot \text{град} (\lambda_{\text{из}} \cdot 1,16 \text{ ккал}/\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$																
$0,058 \quad 0,081 \quad 0,14$																
$\delta_{\text{из}} \cdot 10^3, \text{ м}$																
$20 \quad 40 \quad 60 \quad 100 \quad 120 \quad 20 \quad 40 \quad 60 \quad 100 \quad 120 \quad 20 \quad 40 \quad 60 \quad 100 \quad 120 \quad 20 \quad 40 \quad 60 \quad 100 \quad 120$																
Диаметр спутника $d_{\text{сп}} = 0,032 \text{ м}$																
$(R_3 \cdot 0,86 \text{ м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}/\text{ккал})$																
Диаметр спутника $d_{\text{сп}} = 0,057 \text{ м}$																

4,70 7,24 9,09 11,76 12,78 3,44 5,23 6,55 8,43 9,15 2,14 3,14 3,89 4,96 5,38
3,54 5,58 7,12 9,39 10,26 2,60 4,04 5,13 6,73 7,35 1,62 2,43 3,04 3,97 4,33
2,10 3,46 4,54 6,19 6,86 1,54 2,50 3,27 4,45 4,92 0,96 1,51 1,94 2,62 2,89
1,67 2,81 3,73 5,18 5,77 1,23 2,04 2,69 3,72 4,14 0,77 1,23 1,61 2,20 2,43
1,07 1,86 2,53 3,62 4,09 1,79 1,35 1,82 2,60 2,92 0,49 0,82 1,08 1,54 1,73
0,75 1,32 1,82 2,68 3,04 0,55 0,96 1,32 1,93 2,18 0,35 0,59 0,79 1,14 1,30
0,59 1,05 1,45 2,18 2,49 0,47 0,76 1,05 1,56 1,79 0,28 0,46 0,63 0,93 1,06
0,47 0,86 1,22 1,83 2,13 0,35 0,63 0,90 1,32 1,52 0,22 0,38 0,53 0,78 0,89
0,41 0,74 1,05 1,58 1,84 0,30 0,54 0,76 1,14 1,31 0,19 0,33 0,45 0,67 0,78
0,35 0,65 0,91 1,41 1,58 0,26 0,47 0,66 1,02 1,17 0,17 0,28 0,39 0,60 0,70
0,28 0,52 0,74 1,14 1,36 0,21 0,38 0,53 0,82 0,96 0,13 0,23 0,32 0,49 0,57
0,23 0,42 0,62 0,96 1,16 0,16 0,31 0,45 0,70 0,81 0,10 0,19 0,27 0,41 0,47
0,20 0,37 0,53 0,84 0,98 0,15 0,27 0,39 0,61 0,71 0,10 0,16 0,23 0,36 0,41

ПРИЛОЖЕНИЕ 10
Справочное
Таблица I

Зависимость толщины
термического сопротивления
температуры воздуха в пространстве, ограниченном

		Движущийся продукт - один спутник												
		Безразмерная температура												
		0,1				0,2				0,3				
		$d_{sp} \cdot 10^3$, м	$d_{an} \cdot 10^3$, м	φ_b	$R_i, \frac{m^2 \text{рад}}{\text{Вт}}$	$\delta_{us} \cdot 10^3$, м	φ_b	$R_i, \frac{m^2 \text{рад}}{\text{Вт}}$	$\delta_{us} \cdot 10^3$, м	φ_b	$R_i, \frac{m^2 \text{рад}}{\text{Вт}}$	$\delta_{us} \cdot 10^3$, м	φ_b	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	12	13	14	
45	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
57	25	-	-	-	-	-	-	-	-	10	0,60	0,59	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
89	25	-	-	-	-	-	-	-	-	16	0,60	0,59	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	10	0,65	0,35	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
108	25	-	-	-	-	-	-	-	10	0,53	0,56	19	0,59	0,59
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II	0,64	0,35	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
159	25	-	-	-	-	-	-	15	0,51	0,56	27	0,57	0,59	-
	32	-	-	-	-	-	-	10	0,57	0,34	17	0,63	0,35	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
219	25	-	-	-	10	0,43	0,53	21	0,50	0,56	36	0,56	0,59	-
	32	-	-	-	-	-	-	13	0,56	0,34	23	0,62	0,35	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	0,71	0,16	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

теплоизоляции δ из, удельного
теплоотдачи K_I и безразмерной
изоляцией, φ_b от диаметров продуктопровода и спутника

с температурой $t_{\text{сп}} = 85^\circ\text{C}$

продуктопровода φ_{tp}

		0,5				0,6				0,7				0,8			
		$d_{sp} \cdot 10^3$, м	$d_{an} \cdot 10^3$, м	φ_b	$R_i, \frac{m^2 \text{рад}}{\text{Вт}}$	$\delta_{us} \cdot 10^3$, м	φ_b	$R_i, \frac{m^2 \text{рад}}{\text{Вт}}$	$\delta_{us} \cdot 10^3$, м	φ_b	$R_i, \frac{m^2 \text{рад}}{\text{Вт}}$	$\delta_{us} \cdot 10^3$, м	φ_b	$R_i, \frac{m^2 \text{рад}}{\text{Вт}}$	$\delta_{us} \cdot 10^3$, м	φ_b	$R_i, \frac{m^2 \text{рад}}{\text{Вт}}$
I	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26					
I7	0,67	0,63	34	0,73	0,67	84	0,79	0,71	-	-	-	-					
-	-	-	20	0,76	0,40	43	0,82	0,43	I4I	0,87	0,46						
-	-	-	10	0,80	0,20	22	0,85	0,2I	56	0,90	0,22						
-	-	-	-	-	I4	0,87	0,13	36	0,91	0,14							
I2I	0,67	0,63	4I	0,73	0,67	98	0,79	0,7I	-	-	-	-					
I2	0,7I	0,38	23	0,76	0,40	5I	0,52	0,43	I6I	0,87	0,46						
-	-	-	II	0,8I	0,20	23	0,86	0,2I	56	0,90	0,22						
-	-	-	-	-	I7	0,87	0,13	4I	0,91	0,14							
3I	0,66	0,63	57	0,72	0,67	I32	0,79	0,7I	-	-	-	-					
I8	0,70	0,38	33	0,76	0,40	69	0,8I	0,43	-	-	-	-					
-	-	-	I6	0,8I	0,20	3I	0,86	0,2I	75	0,9	0,22						
-	-	-	I2	0,84	0,12	24	0,87	0,13	54	0,91	0,14						
35	0,65	0,63	66	0,72	0,67	I5I	0,79	0,7I	-	-	-	-					
22	0,70	0,38	39	0,75	0,40	80	0,8I	0,43	-	-	-	-					
II	0,77	0,16	I9	0,8I	0,20	36	0,85	0,2I	85	0,90	0,22						
-	-	-	I5	0,83	0,12	22	0,80	0,13	62	0,91	0,14						
49	0,65	0,63	9I	0,7I	0,67	-	-	-	-	-	-	-					
30	0,69	0,38	53	0,75	0,40	I06	0,8I	0,43	-	-	-	-					
I5	0,76	0,16	26	0,80	0,20	48	0,85	0,2I	I10	0,90	0,22						
II	0,79	0,1I	20	0,87	0,12	37	0,87	0,13	8I	0,91	0,14						
64	0,73	0,63	7I	0,78	0,67	-	-	-	-	-	-	-					
40	0,68	0,38	69	0,74	0,40	I36	0,80	0,43	-	-	-	-					
20	0,75	0,16	34	0,80	0,20	62	0,84	0,2I	I37	0,89	0,22						
I5	0,78	0,1I	26	0,82	0,12	47	0,86	0,13	I00	0,91	0,14						

Продолжение прил. I 0

Продолжение табл. I

	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	I2	I3	I4
273	25	-	-	-	-	I3	0,42	0,53	25	0,49	0,56	45	0,56	0,59
	32	-	-	-	-	-	-	-	I5	0,55	0,34	28	0,61	0,35
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I4	0,70	0,16	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II	0,74	0,10	
325	25	-	-	-	I5	0,41	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	0,15	I7	0,69	0,16	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I2	0,73	0,10	
377	25	-	-	-	I8	0,41	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	0,15	21	0,67	0,16	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I5	0,72	0,10	
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	41	0,59	0,35	
	45	-	-	-	-	-	-	I2	0,63	0,15	21	0,69	0,16	
	57	-	-	-	-	-	-	I0	0,68	0,10	I6	0,72	0,10	
529	25	-	-	-	24	0,39	0,53	46	0,46	0,56	80	0,53	0,59	
	32	-	-	-	I5	0,45	0,32	29	0,51	0,34	50	0,57	0,35	
	45	-	-	-	-	-	-	I4	0,62	0,15	25	0,67	0,16	
	57	-	-	-	-	-	-	II	0,66	0,10	21	0,71	0,10	
630	25	II	0,30	0,51	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	0,15	29	0,66	0,16	
	57	-	-	-	-	-	-	I3	0,65	0,10	22	0,70	0,10	
720	25	-	-	-	33	0,37	0,53	62	0,45	0,56	I06	0,52	0,59	
	32	-	-	-	21	0,43	0,32	39	0,50	0,34	66	0,57	0,35	
	45	-	-	-	II	0,52	0,16	22	0,58	0,15	37	0,64	0,16	
	57	-	-	-	-	-	-	I5	0,64	0,10	26	0,69	0,10	

I5	I6	I7	I8	I9	20	21	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	0,16	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	0,16	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	0,16	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	0,16	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	0,16	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	0,16	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	0,16	99	0,75	0,20	-	-	-	-	-	-
42	0,74	0,II	68	0,78	0,I2	II7	0,83	0,I3	-	-	-

Продолжение прим. 10
Таблица 2

спутника с температурой $t_{\text{сп}} = 85^{\circ}\text{C}$
продуктопровода $\varphi_{\text{тр}}$

0,5		0,6		0,7		0,8	
φ	$R_1, \frac{M}{\text{km}}$						
$\delta_{13} \cdot 10^3$	$\delta_{13} \cdot 10^3$	$\delta_{13} \cdot 10^3$	$\delta_{13} \cdot 10^3$	$\delta_{13} \cdot 10^3$	$\delta_{13} \cdot 10^3$	$\delta_{13} \cdot 10^3$	$\delta_{13} \cdot 10^3$
I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	I7	0,75	0,34	35	0,81	0,36
-	-	I0	0,79	0,20	21	0,83	0,22
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
0,68	0,32	24	0,73	0,34	48	0,80	0,36
-	-	I5	0,77	0,20	29	0,83	0,22
-	-	-	-	-	I7	0,87	0,10
-	-	-	-	-	I2	0,89	0,06
0,67	0,32	27	0,73	0,34	54	0,79	0,36
-	-	I7	0,77	0,20	33	0,82	0,22
-	-	-	-	-	I9	0,86	0,10
-	-	-	-	-	I4	0,89	0,06
0,65	0,32	37	0,71	0,34	71	0,78	0,36
0,70	0,19	23	0,75	0,20	43	0,81	0,22
-	-	I3	0,81	0,10	25	0,85	0,10
-	-	-	-	-	I8	0,88	0,06
0,63	0,32	47	0,71	0,34	90	0,77	0,36
0,68	0,19	30	0,73	0,20	55	0,80	0,22
-	-	I7	0,79	0,10	31	0,84	0,10
-	-	I2	0,83	0,06	22	0,87	0,06
0,61	0,32	56	0,69	0,34	I07	0,75	0,36
0,66	0,19	35	0,72	0,20	64	0,79	0,22
0,73	0,10	20	0,78	0,10	36	0,83	0,10
-	-	I4	0,82	0,06	26	0,86	0,06

П р о д о л ж е н и е п р и л . I 0

Продолжение табл. 2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	I2
325	25	-	-	-	I2	0,46	0,28	22	0,53	0,29	38
	32	-	-	-	-	-	-	I4	0,59	0,18	24
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I3
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
377	25	-	-	-	I4	0,45	0,28	25	0,52	0,29	43
	32	-	-	-	-	-	-	I6	0,57	0,18	27
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I5
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I0
426	25	-	-	-	I5	0,44	0,28	28	0,51	0,29	47
	32	-	-	-	-	-	-	I7	0,56	0,18	36
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I6
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II
529	25	-	-	-	I9	0,42	0,28	34	0,50	0,29	57
	32	-	-	-	I2	0,47	0,16	21	0,54	0,18	35
	45	-	-	-	-	-	-	II	0,63	0,09	I9
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I3
630	25	II	0,33	0,27	23	0,41	0,28	40	0,49	0,28	67
	32	-	-	-	I4	0,45	0,16	25	0,53	0,18	41
	45	-	-	-	-	-	-	I3	0,61	0,09	22
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I5
720	25	I3	0,32	0,27	26	0,40	0,28	45	0,48	0,28	75
	32	-	-	-	I6	0,45	0,16	28	0,52	0,18	46
	45	-	-	-	-	-	-	I5	0,59	0,09	25
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I7

I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	21	22	23
0,61	0,32	65	0,68	0,34	I22	0,75	0,36	-	-	-
0,65	0,19	40	0,71	0,20	73	0,78	0,22	I60	0,85	0,23
0,72	0,10	23	0,77	0,10	40	0,82	0,10	83	0,88	0,II
-	-	I6	0,81	0,06	29	0,85	0,06	57	0,90	0,07
0,60	0,32	73	0,67	0,34	I38	0,75	0,36	-	-	-
0,64	0,19	45	0,71	0,20	82	0,78	0,22	-	-	-
0,71	0,10	25	0,76	0,10	45	0,82	0,10	91	0,87	0,II
0,76	0,05	I8	0,80	0,06	32	0,85	0,06	63	0,89	0,07
0,59	0,32	81	0,67	0,34	I51	0,75	0,36	-	-	-
0,63	0,19	50	0,70	0,20	90	0,77	0,22	-	-	-
0,70	0,10	28	0,75	0,10	49	0,81	0,10	99	0,87	0,II
0,75	0,05	20	0,80	0,06	34	0,84	0,06	68	0,89	0,07
0,58	0,32	98	0,66	0,34	-	-	-	-	-	-
0,62	0,19	59	0,69	0,20	I06	0,76	0,22	-	-	-
0,68	0,10	33	0,74	0,10	57	0,80	0,10	II4	0,86	0,II
0,73	0,05	23	0,78	0,06	40	0,83	0,06	78	0,88	0,07
0,57	0,32	II3	0,65	0,34	-	-	-	-	-	-
0,60	0,19	68	0,68	0,20	I22	0,75	0,22	-	-	-
0,67	0,10	36	0,73	0,10	65	0,79	0,10	I29	0,86	0,II
0,72	0,05	26	0,77	0,06	45	0,82	0,06	87	0,88	0,07
0,56	0,32	I27	0,65	0,34	-	-	-	-	-	-
0,60	0,19	77	0,67	0,20	I36	0,75	0,22	-	-	-
0,66	0,10	41	0,72	0,10	72	0,79	0,10	I43	0,85	0,II
0,71	0,05	28	0,76	0,06	49	0,82	0,06	95	0,87	0,07

Продолжение прил. 10
Таблица 3

Движущийся продукт		Безразмерная												
		0,2				0,3				0,4				
		$d_{cp} \cdot 10^3, \text{м}$	$\frac{d_{cp}}{d_{\text{ш}} \cdot 10^3}$	φ_g	$R_i, \frac{m^2 \cdot \text{рад}}{\text{Вт}}$	$d_{cp} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_g	$R_i, \frac{m^2 \cdot \text{рад}}{\text{Вт}}$	$d_{cp} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_g	$R_i, \frac{m^2 \cdot \text{рад}}{\text{Вт}}$	$d_{cp} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_g	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17		
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
45	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
25	-	-	-	-	-	-	-	II	0,61	0,58	21			
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13			
57	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54			
57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
25	-	-	-	-	-	-	-	16	0,60	0,58	30			
32	-	-	-	-	-	-	-	10	0,65	0,34	19			
89	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
25	-	-	-	10	0,53	0,54	19	0,59	0,58	35				
32	-	-	-	-	-	-	12	0,64	0,34	22				
108	45	-	-	-	-	-	-	-	-	II				
57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
25	-	-	-	15	0,52	0,54	28	0,58	0,58	49				
32	-	-	-	10	0,58	0,33	17	0,63	0,34	30				
I59	45	-	-	-	-	-	-	-	-	15				
57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12				
25	10	0,44	0,51	20	0,50	0,54	36	0,57	0,58	63				
219	32	-	-	-	13	0,55	0,33	23	0,62	0,34	40			
45	-	-	-	-	-	-	-	12	0,71	0,15	20			
57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16				
25	12	0,43	0,51	25	0,49	0,54	44	0,56	0,58	77				
273	32	-	-	-	16	0,55	0,33	28	0,61	0,34	47			
45	-	-	-	-	-	-	-	14	0,70	0,15	24			
57	-	-	-	-	-	-	-	II	0,74	0,10	19			

- 48 -

- один спутник с температурой $t_{\text{сп}} = 110^{\circ}\text{C}$													
температура продуктопровода $\varphi_{\text{тр}}$													
0,5		0,6				0,7				0,8			
$d_{cp} \cdot 10^3, \text{м}$	$\frac{d_{cp}}{d_{\text{ш}} \cdot 10^3}$	φ_g	$R_i, \frac{m^2 \cdot \text{рад}}{\text{Вт}}$	$d_{cp} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_g	$R_i, \frac{m^2 \cdot \text{рад}}{\text{Вт}}$	$d_{cp} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_g	$R_i, \frac{m^2 \cdot \text{рад}}{\text{Вт}}$	$d_{cp} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_g	$R_i, \frac{m^2 \cdot \text{рад}}{\text{Вт}}$	$d_{cp} \cdot 10^3, \text{м}$
I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I12	I13	I14	I15	I16
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	0,21	57	0,90	0,23	-	-	-
-	-	-	-	-	I4	0,87	0,13	36	0,91	0,14	-	-	-
0,67	0,62	41	0,72	0,67	99	0,79	0,72	-	-	-	-	-	-
0,71	0,37	24	0,76	0,40	52	0,82	0,43	-	-	-	-	-	-
0,78	0,16	I12	0,81	0,20	23	0,85	0,21	58	0,90	0,23	-	-	-
-	-	-	-	-	I8	0,87	0,13	I42	0,91	0,14	-	-	-
0,66	0,62	58	0,72	0,67	I34	0,79	0,72	-	-	-	-	-	-
0,70	0,37	34	0,76	0,40	71	0,81	0,43	-	-	-	-	-	-
-	-	I7	0,81	0,20	32	0,86	0,21	77	0,90	0,23	-	-	-
-	-	I3	0,84	0,12	25	0,87	0,13	56	0,91	0,14	-	-	-
0,66	0,62	67	0,72	0,67	I53	0,78	0,72	-	-	-	-	-	-
0,70	0,37	40	0,75	0,40	81	0,81	0,43	-	-	-	-	-	-
0,77	0,16	20	0,81	0,20	37	0,85	0,21	87	0,90	0,23	-	-	-
-	-	I5	0,83	0,12	28	0,87	0,13	63	0,91	0,14	-	-	-
0,65	0,62	91	0,72	0,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,69	0,37	54	0,74	0,40	I07	0,80	0,43	-	-	-	-	-	-
0,76	0,16	27	0,80	0,20	49	0,85	0,21	II2	0,89	0,23	-	-	-
0,79	0,11	20	0,83	0,12	38	0,87	0,13	82	0,91	0,14	-	-	-
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	0,16	35	0,80	0,20	63	0,84	0,21	I39	0,89	0,23	-	-	-
0,78	0,11	27	0,82	0,12	43	0,86	0,13	I01	0,90	0,14	-	-	-
0,63	0,62	I41	0,70	0,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,67	0,37	81	0,73	0,40	I62	0,79	0,43	-	-	-	-	-	-
0,74	0,16	41	0,79	0,20	74	0,84	0,21	-	-	-	-	-	-
0,78	0,11	32	0,82	0,12	56	0,86	0,13	II8	0,90	0,14	-	-	-

- 49 -

Продолжение прил. 10
Продолжение табл. 3

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
325	25	I5	0,42	0,5I	29	0,49	0,54	52	0,55	0,58	89
	32	-	-	-	I8	0,54	0,33	33	0,60	0,34	55
	45	-	-	-	I0	0,65	0,14	I7	0,69	0,15	27
	57	-	-	-	-	-	-	I3	0,73	0,10	22
377	25	I7	0,4I	0,5I	33	0,48	0,54	59	0,55	0,58	I0I
	32	II	0,47	0,30	2I	0,54	0,33	37	0,60	0,34	62
	45	-	-	-	I2	0,62	0,14	2I	0,67	0,15	35
	57	-	-	-	-	-	-	I4	0,73	0,10	24
426	25	I9	0,40	0,5I	37	0,47	0,54	66	0,54	0,58	II2
	32	I2	0,47	0,30	24	0,53	0,33	4I	0,59	0,34	70
	45	-	-	-	I2	0,63	0,14	I9	0,7I	0,15	30
	57	-	-	-	-	-	-	I4	0,77	0,10	24
529	25	I9	0,43	0,5I	37	0,49	0,54	67	0,56	0,58	II6
	32	I2	0,50	0,30	24	0,56	0,33	42	0,6I	0,34	7I
	45	-	-	-	I2	0,67	0,14	22	0,7I	0,15	36
	57	-	-	-	I0	0,72	0,10	I7	0,75	0,10	28
630	25	23	0,42	0,5I	45	0,48	0,54	80	0,55	0,58	I37
	32	I4	0,49	0,30	28	0,54	0,33	50	0,60	0,34	84
	45	-	-	-	I4	0,66	0,14	25	0,70	0,15	42
	57	-	-	-	II	0,7I	0,10	I9	0,74	0,10	33
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
	45	II	0,53	0,15	2I	0,58	0,14	37	0,64	0,15	60
	57	-	-	-	I5	0,65	0,10	26	0,69	0,10	42

I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	2I	22	23
325	0,62	0,62	I63	0,69	0,67	-	-	-	-	-
	0,66	0,37	96	0,72	0,40	-	-	-	-	-
	0,74	0,16	47	0,78	0,20	84	0,83	0,2I	-	-
	0,77	0,II	37	0,8I	0,12	64	0,85	0,13	I34	0,90 0,14
377	0,62	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,66	0,37	I08	0,72	0,40	-	-	-	-	-
	0,72	0,16	59	0,77	0,20	I06	0,82	0,2I	-	-
	0,77	0,II	4I	0,8I	0,12	7I	0,85	0,13	I49	0,90 0,14
426	0,6I	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,65	0,37	I20	0,72	0,40	-	-	-	-	-
	0,76	0,16	50	0,80	0,20	89	0,84	0,2I	-	-
	0,80	0,II	39	0,83	0,12	69	0,87	0,13	I4I	0,90 0,14
529	0,62	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,67	0,37	I24	0,73	0,40	-	-	-	-	-
	0,75	0,16	60	0,79	0,20	I06	0,84	0,2I	-	-
	0,79	0,II	47	0,82	0,12	8I	0,86	0,13	-	-
630	0,6I	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,66	0,37	I44	0,72	0,40	-	-	-	-	-
	0,74	0,16	70	0,78	0,20	I23	0,83	0,2I	-	-
	0,78	0,II	54	0,8I	0,12	93	0,85	0,13	-	-
720	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,63	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,69	0,16	99	0,75	0,20	-	-	-	-	-
	0,74	0,II	68	0,79	0,12	II8	0,83	0,13	-	-

Продолжение прил. 10
Таблица 4

$d_{mp} \cdot 10^3, \text{м}$	$d_{ch} \cdot 10^3, \text{м}$	Движущийся продукт									
		Безразмерная					Безразмерная				
		$\delta_{ch} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_b	$R_i, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$\delta_{ch} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_b	$R_i, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$\delta_{ch} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_b	$R_i, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$\delta_{ch} \cdot 10^3, \text{м}$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
45	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
57	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
89	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
108	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	25	-	-	-	-	-	II	0,58	0,29		
I59	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	25	-	-	-	-	-	I5	0,56	0,29		
2I9	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	25	-	-	-	-	-	I8	0,55	0,29		
273	32	-	-	-	-	-	I2	0,60	0,17		
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

- два спутника с температурой $t_{\text{сп}} = 110^{\circ}\text{C}$												
температура продуктопровода $\varphi_{\text{тр}}$												
$\delta_{ch} \cdot 10^3, \text{м}$	0,5			0,6			0,7			0,8		
	$\delta_{ch} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_b	$R_i, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$\delta_{ch} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_b	$R_i, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$\delta_{ch} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_b	$R_i, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$\delta_{ch} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_b	$R_i, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$
I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I21	I22	I23
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	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	0,10	43	0,90	0,1I	
-	-	-	-	-	-	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	0,19	23	0,75	0,20	43	0,8I	0,22	I0I	0,87	0,23	
-	-	-	I3	0,8I	0,10	25	0,85	0,10	54	0,90	0,1I	
-	-	-	-	-	-	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	0,19	30	0,73	0,20	55	0,80	0,22	I24	0,86	0,23	
-	-	-	I7	0,79	0,10	3I	0,84	0,10	65	0,89	0,1I	
-	-	-	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	0,19	35	0,72	0,20	65	0,79	0,22	I44	0,86	0,23	
II	0,73	0,10	20	0,78	0,10	36	0,83	0,10	75	0,88	0,1I	
-	-	-	I4	0,82	0,06	26	0,86	0,06	52	0,90	0,07	

Продолжение прил. 10
Продолжение табл. 4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
325	25	-	-	-	-	I2	0,46	0,28	22	0,53	0,29
	32	-	-	-	-	-	-	-	I3	0,59	0,17
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
377	25	-	-	-	I4	0,45	0,28	25	0,52	0,29	-
	32	-	-	-	-	-	-	I5	0,57	0,17	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
426	25	-	-	-	I5	0,44	0,28	22	0,52	0,29	-
	32	-	-	-	-	-	-	I7	0,56	0,17	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
529	25	-	-	-	I9	0,42	0,28	33	0,50	0,29	-
	32	-	-	-	II	0,48	0,16	21	0,55	0,17	-
	45	-	-	-	-	-	-	II	0,63	0,09	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
630	25	II	0,33	0,26	22	0,41	0,28	39	0,49	0,29	-
	32	-	-	-	I4	0,46	0,16	24	0,53	0,17	-
	45	-	-	-	-	-	-	I3	0,61	0,19	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
720	25	I3	0,32	0,26	25	0,40	0,28	44	0,48	0,29	-
	32	-	-	-	I5	0,45	0,16	27	0,52	0,17	-
	45	-	-	-	-	-	-	I5	0,60	0,09	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	21	22	23
37	0,61	0,31	-	65	0,68	0,34	I23	0,76	0,36	-	-	-
23	0,65	0,19	-	40	0,71	0,20	73	0,78	0,22	-	-	-
I3	0,72	0,10	-	23	0,77	0,10	41	0,82	0,10	84	0,88	0,11
-	-	-	-	I6	0,81	0,06	29	0,85	0,06	58	0,90	0,07
42	0,60	0,31	-	73	0,67	0,34	I39	0,75	0,36	-	-	-
26	0,64	0,19	-	45	0,71	0,20	82	0,78	0,22	-	-	-
I5	0,71	0,10	-	25	0,76	0,10	45	0,82	0,10	92	0,87	0,11
I0	0,76	0,05	-	I8	0,80	0,06	32	0,85	0,06	63	0,89	0,07
47	0,59	0,31	-	81	0,67	0,34	I52	0,75	0,36	-	-	-
29	0,63	0,19	-	50	0,70	0,20	90	0,77	0,22	-	-	-
I6	0,70	0,10	-	28	0,75	0,10	49	0,81	0,10	I00	0,87	0,11
II	0,75	0,05	-	I9	0,80	0,06	34	0,84	0,06	68	0,89	0,07
57	0,58	0,31	-	97	0,66	0,34	-	-	-	-	-	-
35	0,62	0,19	-	59	0,69	0,20	I07	0,76	0,22	-	-	-
I9	0,68	0,10	-	33	0,74	0,10	57	0,80	0,10	II6	0,86	0,11
I3	0,74	0,05	-	23	0,78	0,06	40	0,83	0,06	79	0,88	0,07
66	0,59	0,31	-	II3	0,65	0,34	-	-	-	-	-	-
41	0,61	0,19	-	68	0,68	0,20	I23	0,76	0,22	-	-	-
22	0,67	0,10	-	37	0,73	0,10	65	0,79	0,10	I31	0,86	0,11
I5	0,72	0,05	-	26	0,77	0,06	45	0,82	0,06	88	0,88	0,07
74	0,57	0,31	-	I27	0,65	0,34	-	-	-	-	-	-
46	0,60	0,19	-	76	0,67	0,20	I37	0,75	0,22	-	-	-
25	0,66	0,10	-	41	0,72	0,10	72	0,79	0,10	I44	-	0,11
I7	0,71	0,05	-	28	0,76	0,06	49	0,82	0,06	-	-	-

один спутник с температурой $t_{сп} = 135^{\circ}\text{C}$

движущийся продукт -

$d_{mp} \cdot 10^3, \text{м}$	Безразмерная									
	0,2		0,3		0,4		$d_{us} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_b	$R_i, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	
	$d_{sp} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_b	$d_{us} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_b	$d_{us} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_b				
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
45	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	25	-	-	-	-	-	-	II	0,60	0,59
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
89	25	-	-	-	-	-	I6	0,60	0,59	-
	32	-	-	-	-	-	IO	0,65	0,35	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108	25	-	-	-	-	-	20	0,59	0,59	-
	32	-	-	-	-	-	I2	0,64	0,35	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
159	25	-	-	-	I5	0,52	0,54	22	0,58	0,39
	32	-	-	-	IO	0,58	0,33	I8	0,63	0,35
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
219	25	I0	0,44	0,51	2I	0,50	0,54	37	0,57	0,59
	32	-	-	-	I3	0,56	0,33	23	0,62	0,35
	45	-	-	-	-	-	-	I2	0,71	0,15
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Temperatura продуктопровода φ_{tr}											
0,5			0,6			0,7			0,8		
$d_{us} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_b	$R_i, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{us} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_b	$R_i, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{us} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_b	$R_i, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{us} \cdot 10^3, \text{м}$	φ_b	$R_i, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$
I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I0	I1	I2	I3
I7	0,66	0,64	35	0,73	0,69	88	0,79	0,75	-	-	-
-	-	-	20	0,76	0,40	45	0,81	0,45	I53	0,87	0,49
-	-	-	IO	0,80	0,20	22	0,85	0,22	59	0,89	0,24
-	-	-	-	-	-	I5	0,87	0,13	37	0,91	0,15
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	0,81	0,45	-	-	-
-	-	-	I2	0,81	0,20	24	0,85	0,22	60	0,90	0,24
-	-	-	-	-	-	I8	0,87	0,13	43	0,91	0,15
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	0,81	0,45	-	-	-
-	-	-	I7	0,81	0,20	33	0,85	0,22	79	0,90	0,24
-	-	-	I3	0,83	0,12	25	0,87	0,13	57	0,91	0,15
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	0,81	0,45	-	-	-
II	0,77	0,16	20	0,81	0,20	38	0,85	0,22	90	0,90	0,24
-	-	-	I5	0,83	0,12	29	0,87	0,13	65	0,91	0,15
50	0,64	0,64	94	0,71	0,69	-	-	-	-	-	-
3I	0,69	0,38	55	0,74	0,40	III	0,80	0,45	-	-	-
I6	0,76	0,16	27	0,80	0,20	50	0,85	0,22	II6	0,89	0,24
I2	0,79	0,11	2I	0,82	0,12	38	0,86	0,13	84	0,91	0,15
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	0,16	35	0,79	0,20	64	0,84	0,22	I44	0,89	0,24
I6	0,78	0,11	27	0,82	0,12	49	0,86	0,13	I04	0,91	0,15

Продолжение прил. 10
Продолжение табл. 5

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	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	0,15
	57	-	-	-	-	-	-	II	0,74	0,10
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	0,14	I7	0,69	0,15
	57	-	-	-	-	-	-	I3	0,73	0,10
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	0,14	2I	0,67	0,15
	57	-	-	-	-	-	-	I5	0,72	0,10
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	0,14	22	0,68	0,15
	57	-	-	-	I0	0,68	0,10	I7	0,72	0,10
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	0,14	26	0,67	0,15
	57	-	-	-	I2	0,67	0,10	20	0,7I	0,10
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	0,14	30	0,66	0,15
	57	-	-	-	I4	0,66	0,10	23	0,70	0,10
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	0,15	2I	0,58	0,14	37	0,64	0,15
	57	-	-	-	I5	0,65	0,10	26	0,69	0,10

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	0,16	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	0,16	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	0,16	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
I15	0,6I	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7I	0,65	0,38	I23	0,72	0,40	-	-	-	-	-	-
36	0,73	0,16	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	0,16	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	0,16	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	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I10	0,63	0,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6I	0,69	0,16	I0I	0,75	0,20	-	-	-	-	-	-
42	0,74	0,II	69	0,78	0,I2	I20	0,83	0,I3	-	-	-

Таблица 6

• температурой $t_{\text{ср}}=185^{\circ}$												
продуктопровода φ_{mp}												
0,5			0,6			0,7			0,8			
$d_{h3} \cdot 10^3$	φ_3	$R_i \cdot \frac{\text{м}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}}$	$d_{h3} \cdot 10^3$	φ_3	$R_i \cdot \frac{\text{м}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}}$	$d_{h3} \cdot 10^3$	φ_3	$R_i \cdot \frac{\text{м}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}}$	$d_{h3} \cdot 10^3$	φ_3	$R_i \cdot \frac{\text{м}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}}$	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	I?	0,74	0,84	87	0,80	0,87	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	0,84	50	0,79	0,87	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	0,12	
—	—	—	—	—	—	I2	0,89	0,07	28	0,92	0,07	
I5	0,67	0,32	28	0,73	0,84	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	I6	0,76	0,2I	34	0,82	0,22	83	0,87	0,24	
—	—	—	I0	0,82	0,10	20	0,86	0,II	44	0,90	0,12	
—	—	—	—	—	—	I4	0,89	0,07	3I	0,92	0,07	
2I	0,65	0,32	38	0,7I	0,84	74	0,78	0,87	—	—	—	
I3	0,69	0,19	28	0,75	0,62I	45	0,8I	0,22	I05	0,87	0,24	
—	—	—	I4	0,8I	0,10	26	0,85	0,II	55	0,89	0,12	
—	—	—	—	—	—	I8	0,88	0,07	39	0,9I	0,07	
27	0,63	0,32	48	0,69	0,34	94	0,76	0,87	—	—	—	
I7	0,67	0,19	30	0,73	0,2I	57	0,79	0,22	I29	0,86	—	
—	—	—	I7	0,79	0,10	32	0,84	0,II	67	0,89	0,12	
—	—	—	I2	0,83	0,06	23	0,87	0,07	47	0,9I	0,07	

Продолжение прил. 10

Продолжение табл. 6

I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I0	I1	I2	I3	I4
22	0,61	0,32	58	0,68	0,34	III	0,76	0,37	—	—	—	—
23	0,66	0,19	86	0,72	0,21	66	0,79	0,22	I49	0,85	0,24	—
I2	0,73	0,10	20	0,78	0,10	87	0,88	0,11	77	0,88	0,12	—
—	—	—	I4	0,82	0,06	26	0,86	0,07	54	0,90	0,07	—
20	0,60	0,32	66	0,68	0,34	I27	0,76	0,37	—	—	—	—
24	0,65	0,19	41	0,71	0,21	76	0,78	0,22	—	—	—	—
I3	0,72	0,10	23	0,77	0,10	45	0,82	0,11	86	0,88	0,12	—
—	—	—	I6	0,81	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	0,19	46	0,70	0,21	85	0,77	0,22	—	—	—	—
I5	0,71	0,10	26	0,76	0,10	46	0,81	0,11	95	0,87	0,12	—
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	83	0,67	0,34	I58	0,75	0,37	—	—	—	—
30	0,68	0,19	51	0,69	0,21	93	0,77	0,22	—	—	—	—
I7	0,70	0,10	28	0,75	0,10	50	0,81	0,11	I03	0,87	0,12	—
I1	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	0,19	61	0,69	0,21	I10	0,76	0,22	—	—	—	—
20	0,68	0,10	33	0,74	0,10	59	0,80	0,11	I20	0,86	0,12	—
I3	0,73	0,06	23	0,78	0,06	41	0,83	0,07	81	0,88	0,07	—
67	0,57	0,32	I16	0,65	0,34	—	—	—	—	—	—	—
41	0,60	0,19	70	0,67	0,21	I26	0,75	0,22	—	—	—	—
I2	0,67	0,10	88	0,78	0,10	67	0,79	0,11	I36	0,85	0,12	—
I5	0,72	0,06	26	0,77	0,06	46	0,82	0,07	91	0,88	0,07	—
75	0,56	0,32	I80	0,68	0,34	—	—	—	—	—	—	—
46	0,60	0,19	78	0,67	0,21	I41	0,75	0,22	—	—	—	—
25	0,66	0,10	42	0,72	0,10	74	0,78	0,11	I50	0,85	0,12	—
I7	0,71	0,06	29	0,76	0,06	50	0,81	0,07	99	0,87	0,07	—

Продолжение прил. I
Таблица 7

		Движущийся продукт										
		Безразмерная температура										
		0,2		0,3		0,4						
		$\delta_{up} \cdot 10^3, \text{м}$	$\delta_{en} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$\frac{R_i}{\delta_{up}} \frac{\text{град}}{\text{Бт}}$	$\delta_{up} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$\frac{R_i}{\delta_{up}} \frac{\text{град}}{\text{Бт}}$	$\delta_{up} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$\frac{R_i}{\delta_{up}} \frac{\text{град}}{\text{Бт}}$	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II		
45	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
57	25	—	—	—	—	—	II	0,60	0,60	—	—	
	82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
89	25	—	—	—	—	—	I7	0,59	0,60	—	—	
	82	—	—	—	—	—	IO	0,65	0,36	—	—	
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
I08	25	—	—	—	10	0,53	0,56	20	0,59	0,60	—	—
	82	—	—	—	—	—	—	I2	0,64	0,36	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
I59	25	—	—	—	I5	0,52	0,56	28	0,58	0,60	—	—
	82	—	—	—	—	—	—	I8	0,68	0,36	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
219	25	—	—	—	20	0,50	0,56	37	0,57	0,60	—	—
	82	—	—	—	I3	0,56	0,34	28	0,62	0,36	—	—
	45	—	—	—	—	—	—	I2	0,71	0,16	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

один спутник с температурой $t_{\text{оп}} = 160^{\circ}$											
продуктопровода φ_{mp}											
		0,5		0,6		0,7		0,8			
$\delta_{up} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$\frac{R_i}{\delta_{up}} \frac{\text{град}}{\text{Бт}}$	$\delta_{up} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$\frac{R_i}{\delta_{up}} \frac{\text{град}}{\text{Бт}}$	$\delta_{up} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$\frac{R_i}{\delta_{up}} \frac{\text{град}}{\text{Бт}}$	$\delta_{up} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$\frac{R_i}{\delta_{up}} \frac{\text{град}}{\text{Бт}}$
I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I22	I28
I8	0,66	0,66	37	0,72	0,72	97	0,79	0,79	—	—	—
I0	0,70	0,40	21	0,75	0,48	48	0,81	0,47	—	—	—
—	—	—	II	0,80	0,20	23	0,84	0,23	63	0,89	0,26
—	—	—	—	—	—	I5	0,86	0,14	89	0,90	0,16
2I	0,66	0,66	44	0,72	0,72	III	0,79	0,79	—	—	—
I8	0,70	0,40	25	0,75	0,48	56	0,81	0,47	—	—	—
—	—	—	I2	0,8I	0,20	24	0,85	0,23	63	0,90	0,26
—	—	—	—	—	—	I8	0,87	0,14	45	0,9I	0,16
8I	0,65	0,66	62	0,72	0,72	I50	0,78	0,79	—	—	—
I9	0,70	0,40	36	0,75	0,48	76	0,8I	0,47	—	—	—
—	—	—	I7	0,8I	0,20	84	0,85	0,28	88	0,90	0,26
—	—	—	I3	0,83	0,18	25	0,87	0,14	59	0,9I	0,16
87	0,67	0,66	72	0,7I	0,72	—	—	—	—	—	—
22	0,69	0,40	42	0,75	0,48	98	0,8I	0,47	—	—	—
II	0,77	0,16	20	0,80	0,20	39	0,85	0,28	93	0,89	0,26
—	—	—	I5	0,85	0,13	29	0,86	0,14	67	0,9I	0,16
5I	0,64	0,66	98	0,7I	0,72	—	—	—	—	—	—
8I	0,68	0,40	57	0,74	0,48	II6	0,80	0,47	—	—	—
I6	0,76	0,16	27	0,80	0,20	52	0,84	0,23	I2I	0,89	0,26
I2	0,79	0,12	2I	0,82	0,13	39	0,86	0,14	87	0,90	0,16
67	0,63	0,66	I26	0,70	0,72	—	—	—	—	—	—
4I	0,67	0,40	73	0,73	0,48	I49	0,79	0,47	—	—	—
2I	0,75	0,16	36	0,79	0,20	66	0,84	0,23	I5I	0,89	0,26
I6	0,78	0,12	27	0,82	0,13	50	0,86	0,14	I08	0,90	0,16

[- I] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11]

278	25	I2	0,43	0,52	25	0,49	0,56	45	0,56	0,60
	32	-	-	-	16	0,55	0,84	29	0,61	0,96
	45	-	-	-	-	-	I4	0,70	0,16	
	57	-	-	-	-	-	II	0,74	0,10	
	25	I5	0,42	0,52	30	0,48	0,56	58	0,55	0,60
825	32	-	-	-	I9	0,54	0,84	38	0,60	0,86
	45	-	-	-	-	-	I7	0,69	0,16	
	57	-	-	-	-	-	I3	0,73	0,10	
	25	I7	0,41	0,52	84	0,48	0,56	61	0,54	0,60
877	32	II	0,47	0,8	22	0,58	0,84	38	0,59	0,86
	45	-	-	-	I2	0,62	0,16	21	0,67	0,16
	57	-	-	-	-	-	I5	0,82	0,10	
	25	I9	0,40	0,52	38	0,47	0,56	67	0,54	0,60
426	32	I2	0,47	0,31	24	0,58	0,84	42	0,59	0,86
	45	-	-	-	I2	0,63	0,16	21	0,68	0,16
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25	-	-	-	-	-	27	0,55	0,60	
529	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25	-	-	-	-	-	42	0,54	0,60	
690	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25	32	0,37	0,52	61	0,45	0,56	I08	0,52	0,60
720	32	20	0,48	0,81	39	0,50	0,84	68	0,58	0,86
	45	II	0,58	0,15	22	0,58	0,16	38	0,63	0,16
	57	-	-	-	I5	0,64	0,10	26	0,69	0,10

[- I2] [- I3] [- I4] [- I5] [- I6] [- I7] [- I8] [- I9] [- 20] [- 21] [- 22] [- 23]

81	0,63	0,56	I52	0,69	0,72	-	-	-	-	-	-	
49	0,67	0,40	88	0,73	0,43	-	-	-	-	-	-	
25	0,74	0,16	42	0,78	0,20	78	0,83	0,28	-	-	-	
19	0,77	0,12	83	0,81	0,13	59	0,85	0,14	-	-	-	
94	0,62	0,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
57	0,66	0,40	I02	0,72	0,43	-	-	-	-	-	-	
29	0,78	0,16	49	0,78	0,20	89	0,83	0,28	-	-	-	
22	0,76	0,12	87	0,81	0,13	67	0,85	0,14	I48	0,89	0,16	
I07	0,61	0,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
65	0,65	0,40	II6	0,72	0,43	-	-	-	-	-	-	
36	0,71	0,16	62	0,76	0,20	II3	0,82	0,27	-	-	-	
25	0,76	0,12	42	0,80	0,13	76	0,84	0,14	I61	0,89	0,16	
II8	0,61	0,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
72	0,65	0,40	I27	0,71	0,43	-	-	-	-	-	-	
36	0,72	0,16	53	0,79	0,20	52	0,88	0,28	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	57	0,86	0,14	II3	0,90	0,16
85	0,61	0,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
82	0,65	0,40	94	0,71	0,43	23	0,78	0,47	-	-	-	
-	-	-	I9	0,78	0,20	73	0,88	0,28	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	45	0,85	0,14	I44	0,89	0,16	
II0	0,61	0,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
47	0,65	0,40	II9	0,71	0,43	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	81	0,77	0,20	94	0,82	0,28	-	-	-	
-	-	-	I2	0,80	0,13	58	0,84	0,14	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
II4	0,63	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
62	0,69	0,16	I05	0,74	0,20	-	-	-	-	-	-	
43	0,73	0,12	71	0,78	0,13	I25	0,83	0,14	-	-	-	

два спутника с температурой $t_{\text{сп}} = 160^{\circ}\text{C}$											
продуктопровода $\varphi_{\text{пр}}$											
$\vartheta_{\text{сп}} \cdot 10^3, \text{м}$		$\varphi_{\text{сп}}$		$R_{\text{сп}} \cdot \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$		$\vartheta_{\text{сп}} \cdot 10^3, \text{м}$		$\varphi_{\text{сп}}$		$R_{\text{сп}} \cdot \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	
I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I12	I13
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	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	0,53	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	0,11	41	0,90	0,18
—	—	—	—	—	—	I3	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	0,10	20	0,85	0,11	46	0,90	0,18
—	—	—	—	—	—	I5	0,88	0,07	32	0,92	0,08
II	0,64	0,38	89	0,71	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	0,10	83	0,88	0,11	71	0,88	0,18
—	—	—	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	81	0,78	0,22	59	0,79	0,23	I37	0,86	0,26
—	—	—	I8	0,79	0,10	83	0,88	0,11	71	0,88	0,18
—	—	—	I3	0,82	0,06	23	0,86	0,07	49	0,90	0,08

[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11]

278	25	-	-	-	10	0,48	0,28	19	0,54	0,30
	32	-	-	-	-	-	-	12	0,60	0,18
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
285	25	-	-	-	I2	0,46	0,28	22	0,58	0,30
	32	-	-	-	-	-	-	I4	0,58	0,18
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
377	25	-	-	-	I4	0,45	0,28	26	0,52	0,30
	32	-	-	-	-	-	-	I6	0,57	0,18
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
426	25	-	-	-	I6	0,44	0,28	28	0,51	0,30
	32	-	-	-	-	-	-	I8	0,56	0,18
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
529	25	-	-	-	I9	0,42	0,28	85	0,50	0,30
	32	-	-	-	I2	0,48	0,16	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	I2	0,62	0,09
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
680	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	I3	0,60	0,09
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
720	25	-	-	-	26	0,40	0,28	46	0,48	0,30
	32	-	-	-	I6	0,45	0,16	28	0,52	0,18
	45	-	-	-	-	-	-	I5	0,59	0,09
	57	-	-	-	-	-	-	I0	0,65	0,05

[12] [13] [14] [15] [16] [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23]

34	24	0,61	0,33	60	0,68	0,36	II7	0,76	0,40	-	-	-
	2I	0,66	0,20	87	0,72	0,22	69	0,78	0,28	I59	0,85	0,26
	I2	0,78	0,10	2I	0,77	0,10	88	0,82	0,11	8I	0,88	0,13
	-	-	-	I5	0,81	0,06	27	0,85	0,07	56	0,90	0,08
24	89	0,60	0,33	69	0,68	0,36	I85	0,75	0,40	-	-	-
	24	0,64	0,20	48	0,71	0,22	79	0,78	0,28	-	-	-
	I4	0,71	0,10	24	0,76	0,10	48	0,82	0,11	9I	0,81	0,13
	-	-	-	I7	0,80	0,06	50	0,85	0,07	62	0,89	0,08
45	45	0,59	0,33	79	0,67	0,36	I58	0,75	0,40	-	-	-
	28	0,68	0,20	48	0,70	0,22	89	0,77	0,28	-	-	-
	I5	0,70	0,10	27	0,75	0,10	48	0,81	0,11	I00	0,87	0,13
	II	0,76	0,06	I9	0,80	0,06	34	0,84	0,07	68	0,89	0,08
49	49	0,59	0,33	87	0,67	0,36	-	-	-	-	-	-
	81	0,68	0,20	53	0,70	0,22	97	0,77	0,28	-	-	-
	I7	0,69	0,10	29	0,75	0,10	58	0,80	0,11	I09	0,87	0,13
	I2	0,75	0,06	20	0,79	0,06	86	0,83	0,07	73	0,89	0,08
59	59	0,58	0,33	I04	0,66	0,36	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	0,68	0,10	84	0,78	0,10	6I	0,79	0,11	I27	0,86	0,13
	I4	0,73	0,06	24	0,77	0,06	42	0,82	0,07	84	0,88	0,08
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	23	0,66	0,10	89	0,72	0,10	70	0,79	0,11	I44	0,85	0,13
	I6	0,71	0,06	27	0,76	0,06	48	0,82	0,07	55	0,87	0,08
	-	-	-	I87	0,65	0,36	-	-	-	-	-	-
48	48	0,59	0,20	-	-	-	I49	0,75	0,28	-	-	-
	26	0,65	0,10	44	0,71	0,10	77	0,78	0,11	I58	0,85	0,13
	I8	0,70	0,06	30	0,75	0,06	52	0,81	0,07	I04	0,87	0,08

Продолжение прил. 10
Таблица 9

спутник с температурой $t_{сп} = 180^{\circ}\text{C}$											
продуктотроповода ψ											
$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$R_{\text{сп}} \cdot \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$R_{\text{сп}} \cdot \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$R_{\text{сп}} \cdot \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b
$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$R_{\text{сп}} \cdot \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$R_{\text{сп}} \cdot \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$R_{\text{сп}} \cdot \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b
0,4	0,5			0,6			0,7			0,8	
I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I12	I13	I14	I15
—	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	0,81	0,48	—	—
—	—	—	—	II	0,79	0,22	24	0,84	0,24	66	0,89
—	—	—	—	—	—	—	I6	0,86	0,15	40	0,90
0,62	22	0,66	0,68	45	0,72	0,74	I18	0,78	0,82	—	—
—	I5	0,70	0,40	26	0,75	0,44	59	0,81	0,48	—	—
—	—	—	I2	0,80	0,22	25	0,85	0,24	66	0,89	0,27
—	—	—	—	—	—	—	I6	0,86	0,15	48	0,90
0,62	32	0,65	0,68	64	0,71	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	0,88	0,18	26	0,85	0,15	61	0,90	0,16
0,62	38	0,65	0,68	75	0,71	0,74	—	—	—	—	—
0,37	23	0,69	0,40	48	0,74	0,44	91	0,80	0,48	—	—
—	II	0,76	0,17	21	0,80	0,22	40	0,84	0,24	97	0,89
—	—	—	I6	0,82	0,18	30	0,86	0,15	69	0,90	0,16
0,62	53	0,64	0,68	I01	0,70	0,74	—	—	—	—	—
0,37	32	0,68	0,40	59	0,74	0,44	I21	0,80	0,48	—	—
—	I6	0,75	0,17	28	0,79	0,22	58	0,84	0,24	I25	0,87
—	I2	0,78	0,12	22	0,82	0,18	40	0,86	0,15	90	0,90
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	—	—
0,16	20	0,74	0,17	37	0,79	0,22	68	0,88	0,24	I51	0,88
—	I6	0,77	0,12	28	0,81	0,18	51	0,85	0,15	III	0,90

движущийся продукт - одир												
Безразмерная температура												
$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$R_{\text{сп}} \cdot \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$R_{\text{сп}} \cdot \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$R_{\text{сп}} \cdot \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	
$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$R_{\text{сп}} \cdot \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$R_{\text{сп}} \cdot \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	$R_{\text{сп}} \cdot \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{сп} \cdot 10^3, \text{м}$	ψ_b	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	—	—	—	II	0,60	—	—
32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	—	—	—	I6	0,59	—	—
32	—	—	—	—	—	—	—	—	I0	0,64	—	—
45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	I0	0,58	0,57	20	0,59	—	—
32	—	—	—	—	—	—	—	—	I2	0,64	—	—
45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	I5	0,51	0,57	29	0,57	—	—
32	—	—	—	—	—	—	—	—	I7	0,63	—	—
45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	20	0,50	0,57	38	0,56	—	—
32	—	—	—	—	—	I8	0,56	0,54	24	0,61	—	—
45	—	—	—	—	—	—	—	—	I2	0,70	—	—
57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение прил.Ю
Продолжение табл.9

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	25	-	-	-	13	0,42	0,53	26	0,49	0,57	47	0,55	
	32	-	-	-	-	-	-	16	0,55	0,34	29	0,60	
273	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	0,69		
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	II	0,73		
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	25	-	-	-	15	0,41	0,53	80	0,48	0,57	54	0,55	
325	32	-	-	-	-	-	-	19	0,54	0,34	34	0,60	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	17	0,68		
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	13	0,72		
	25	-	-	-	17	0,41	0,53	35	0,47	0,57	62	0,54	
377	32	-	-	-	II	0,47	0,31	22	0,53	0,34	39	0,59	
	45	-	-	-	-	-	-	12	0,62	0,16	22	0,66	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	15	0,72		
	25	-	-	-	20	0,40	0,53	89	0,47	0,57	69	0,54	
	32	-	-	-	12	0,46	0,31	25	0,52	0,34	43	0,58	
426	45	-	-	-	-	-	-	12	0,63	0,16	22	0,57	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	17	0,71		
	25	-	-	-	24	0,39	0,53	47	0,46	0,57	83	0,53	
529	32	-	-	-	15	0,45	0,31	80	0,51	0,34	52	0,57	
	45	-	-	-	-	-	-	15	0,61	0,16	26	0,67	
	57	-	-	-	-	-	-	II	0,66	0,10	20	0,70	
	25	10	0,81	0,48	28	0,38	0,53	55	0,45	0,57	98	0,52	
60	32	-	-	-	18	0,44	0,31	35	0,50	0,34	61	0,57	
	45	-	-	-	-	-	-	18	0,60	0,16	31	0,65	
	57	-	-	-	-	-	-	13	0,65	0,10	24	0,69	
	25	-	-	-	32	0,37	10;53	62	0,44	0,57	II0	0,52	
720	32	-	-	-	20	0,43	0,31	39	0,50	0,34	69	0,56	
	45	-	-	-	II	0,53	0,16	22	0,58	0,16	38	0,63	
	57	-	-	-	-	-	-	15	0,64	0,10	26	0,68	

	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	0,62	83	00,62	0,68	158	0,69	0,74	-	-	-	-	-	-
	0,37	51	0,66	0,40	91	0,72	0,44	-	-	-	-	-	-
	0,16	25	0,73	0,17	44	0,78	0,22	80	0,83	0,24	-	-	-
	0,II	19	0,77	0,12	38	0,81	0,13	60	0,85	0,15	131	0,89	0,35
	0,62	97	0,62	0,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,37	59	0,66	0,40	105	0,72	0,44	-	-	-	-	-	-
	0,16	29	0,73	0,17	50	0,78	0,22	92	0,88	0,24	-	-	-
	0,II	23	0,76	0,12	38	0,80	0,13	69	0,85	0,15	148	0,89	0,35
	0,62	II0	0,81	0,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,37	57	0,65	0,40	II9	0,71	0,44	-	-	-	-	-	-
	0,16	37	0,71	0,17	63	0,76	0,22	II6	0,82	0,24	-	-	-
	0,II	26	0,75	0,12	43	0,80	0,13	77	0,84	0,15	-	-	-
	0,62	122	0,61	0,68	23I	0,68	0,74	-	-	-	-	-	-
	0,37	74	0,65	0,40	13I	0,71	0,44	-	-	-	-	-	-
	0,16	37	0,72	0,17	62	0,77	0,22	II4	0,82	0,24	-	-	-
	0,II	28	0,75	0,12	18	0,79	0,13	85	0,84	0,15	-	-	-
	0,62	148	0,60	0,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,37	89	0,64	0,40	158	0,70	0,44	-	-	-	-	-	-
	0,16	44	0,71	0,17	74	0,76	0,22	135	0,81	0,24	-	-	-
	0,II	34	0,74	0,12	57	0,79	0,13	100	0,83	0,15	-	-	-
	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,37	II4	0,63	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,16	51	0,70	0,17	86	0,75	0,22	155	0,81	0,24	-	-	-
	0,II	39	0,73	0,12	65	0,78	0,13	II5	0,83	0,15	-	-	-
	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,37	II7	0,63	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,16	63	0,68	0,17	107	0,74	0,22	-	-	-	-	-	-
	0,II	44	0,73	0,12	72	0,77	0,13	128	0,83	0,15	-	-	-

Продолжение прил. 10
Таблица 10

Продолжение прил. Г

Продолжение табл. I

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

25 - - - 10 0,47 0,28 20 0,54 0,81
32 - - - - - - 12 0,59 0,19
278 45 - - - - - - - - - -
57 - - - - - - - - - -

25 - - - 12 0,46 0,28 28 0,58 0,81
32 - - - - - - 14 0,58 0,19
325 45 - - - - - - - - - -
57 - - - - - - - - - -

25 - - - 14 0,45 0,28 26 0,52 0,81
32 - - - - - - 16 0,57 0,19
377 45 - - - - - - - - - -
57 - - - - - - - - - -

25 - - - 16 0,44 0,28 29 0,51 0,81
32 - - - - - - 18 0,56 0,19
426 45 - - - - - - - - - -
57 - - - - - - - - - -

25 - - - 20 0,42 0,28 36 0,50 0,81
32 - - - 12 0,47 0,17 22 0,54 0,19
529 45 - - - - - - 12 0,62 0,10
57 - - - - - - - - - -

25 II 0,33 0,26 23 0,41 0,28 42 0,49 0,81
32 - - - 14 0,46 0,17 26 0,53 0,19
630 45 - - - - - - 14 0,60 0,10
57 - - - - - - - - - -

25 - - - 26 0,40 0,28 47 0,48 0,81
32 - - - 16 0,44 0,17 29 0,52 0,19
720 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 0,34 62 0,68 0,87 128 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 39 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 0,634 72 0,67 0,87 141 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 31 0,84 0,07 64 0,89 0,08

46 0,59 0,34 81 0,67 0,87 159 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 0,34 90 0,66 0,87 - - - - - -
32 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

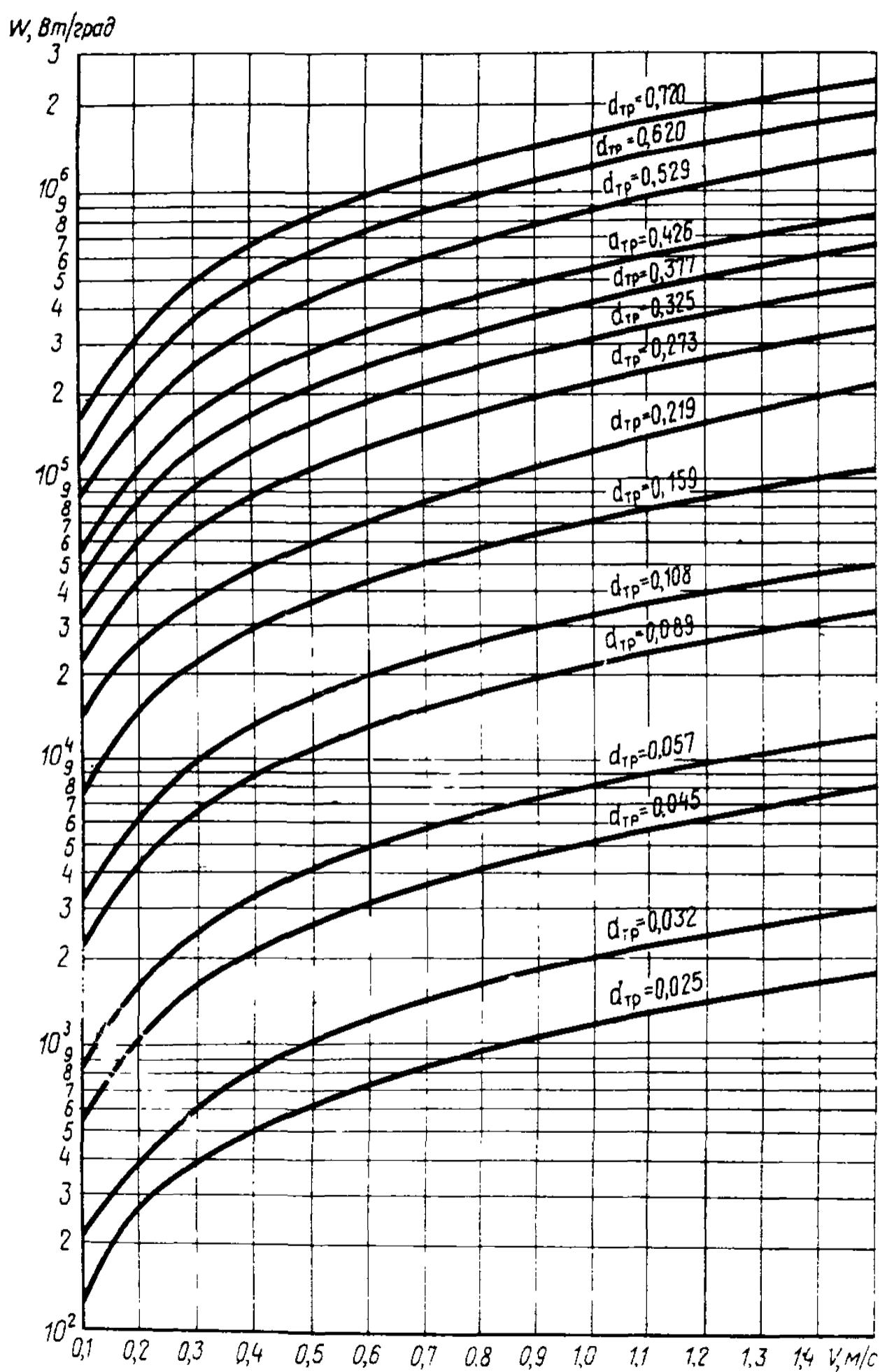
61 0,57 0,34 108 0,66 0,87 - - - - - -
38 0,61 0,20 65 0,68 0,22 120 0,76 0,24 - - -
21 0,67 0,10 35 0,73 0,11 63 0,79 0,12 131 0,86 0,12
14 0,78 0,06 24 0,77 0,07 43 0,82 0,07 87 0,88 0,08

72 0,57 0,34 126 0,65 0,87 - - - - - -
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 0,34 142 0,64 0,87 - - - - - -
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

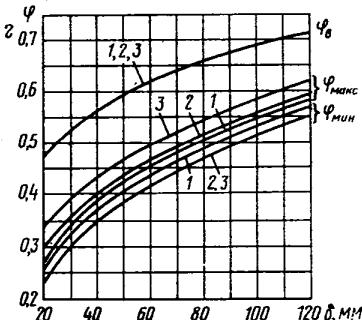
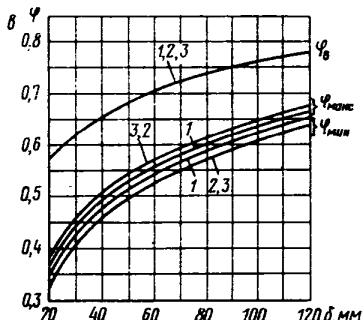
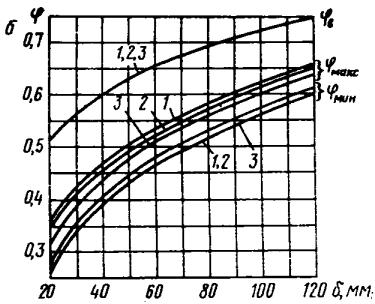
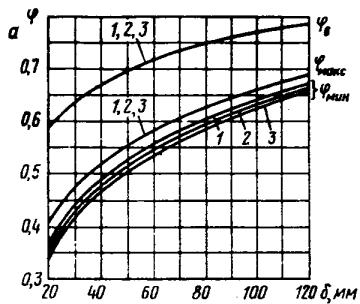
Справочное



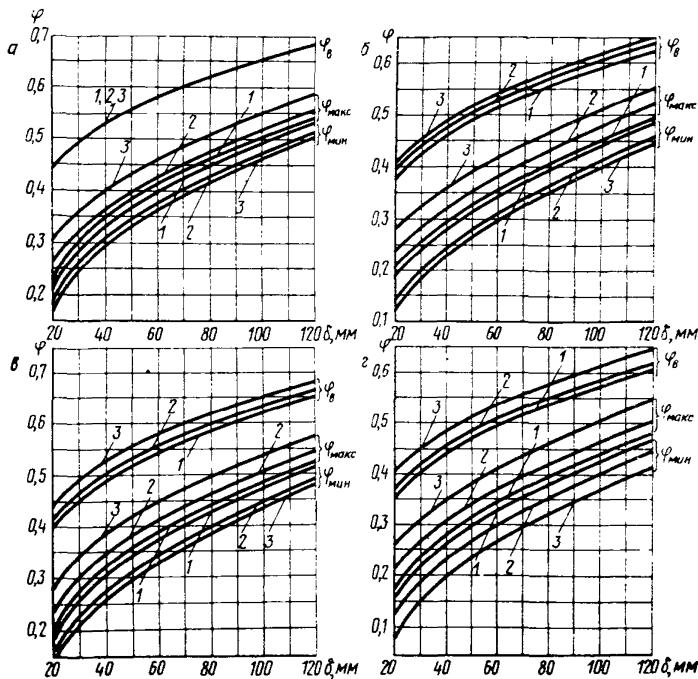
ПРИЛОЖЕНИЕ 12

Справочное

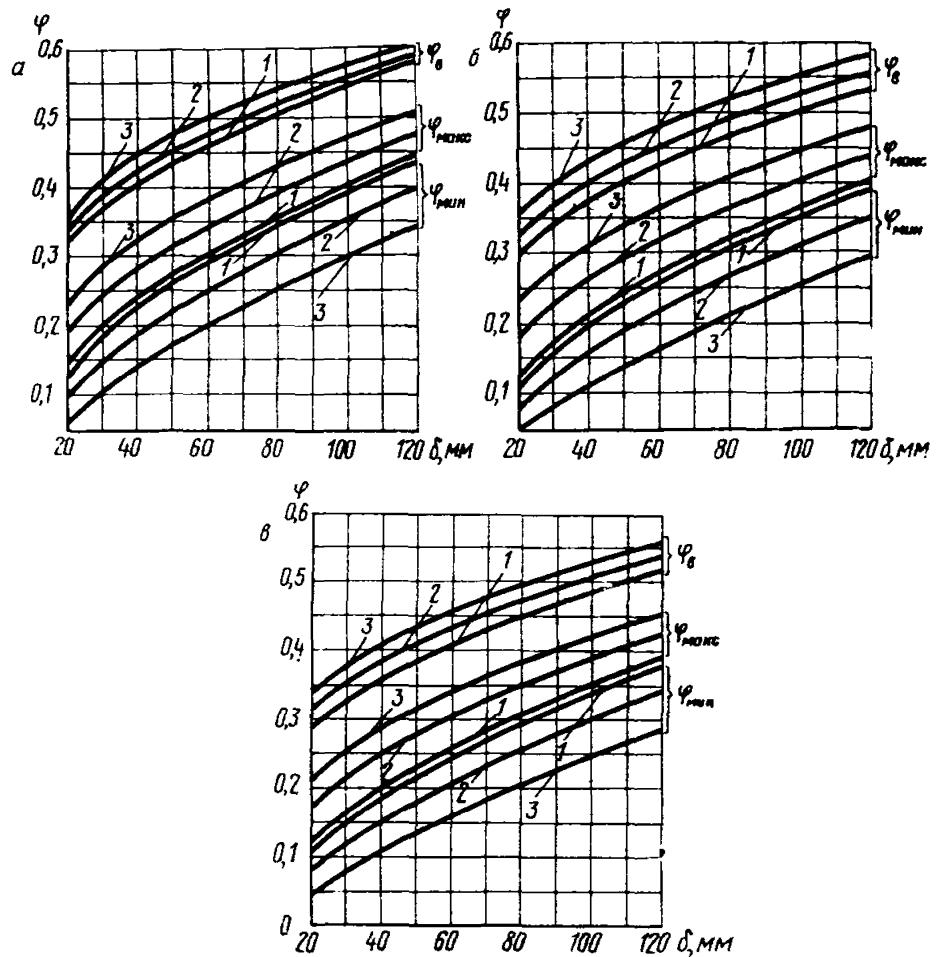
Графики определения толщины изоляции
для продуктопроводов при неподвижном продукте



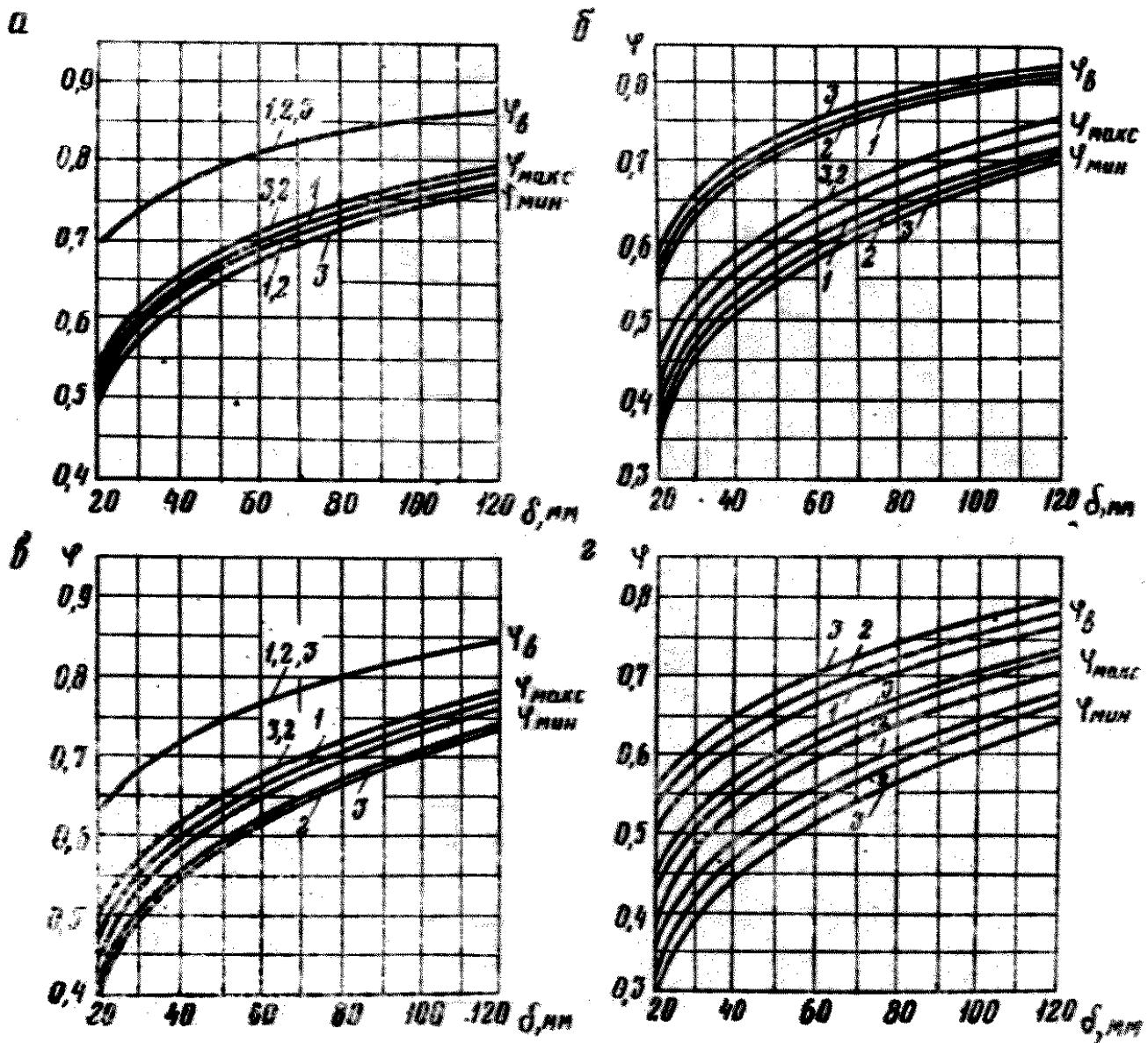
С однокомпонентным опорником $d_{op} = 0,025$ м; а - $d_{op} = 0,089$ м; б - $d_{op} = 0,159$ м; в - $d_{op} = 0,108$ м; г - $d_{op} = 0,219$ м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



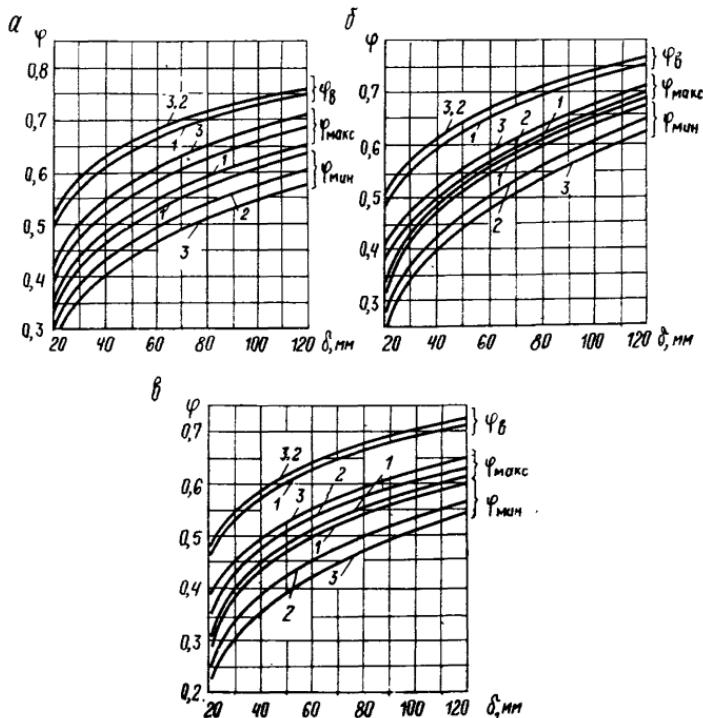
С одним спутником $d_{sp} = 0,025$ м; а - $d_{sp} = 0,273$ м; б - $d_{sp} = 0,377$ м; в - $d_{sp} = 0,325$ м; г - $d_{sp} = 0,426$ м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



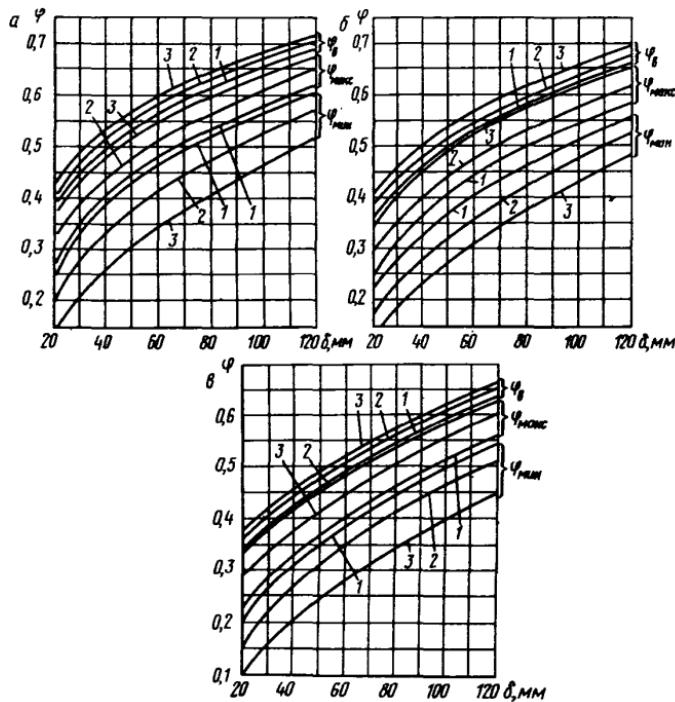
С одним спутником $d_{сп} = 0,025$ м: а - $d_{сп} = 0,529$ м; б - $d_{сп} = 0,630$ м; в - $d_{сп} = 0,720$ м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



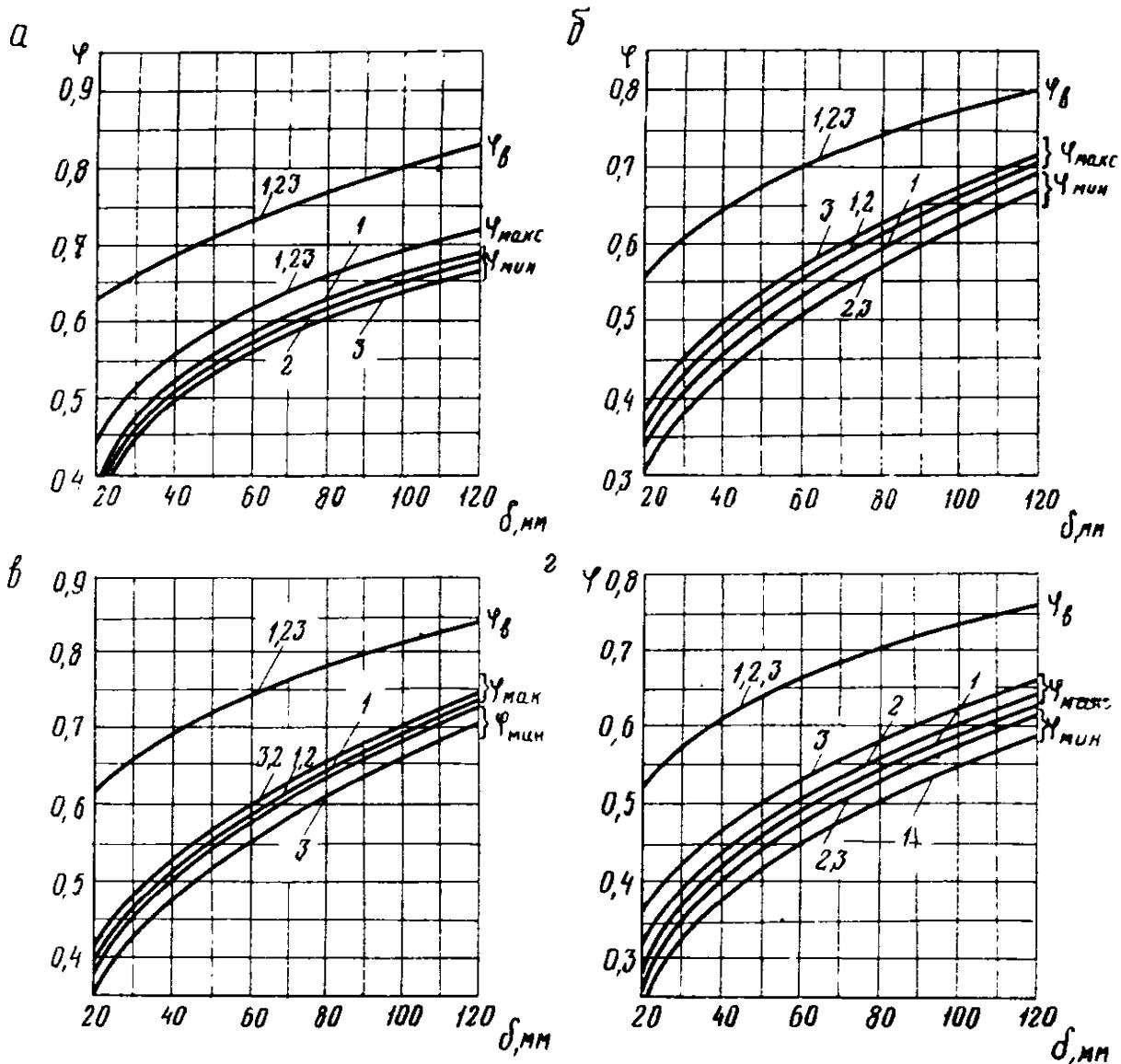
С двумя спутниками $d_{cn} = 0,025$ м: а - $d_{sp} = 0,108$ м; б - $d_{sp} = 0,219$ м; в - $d_{sp} = 0,159$ м; г - $d_{sp} = 0,273$ м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



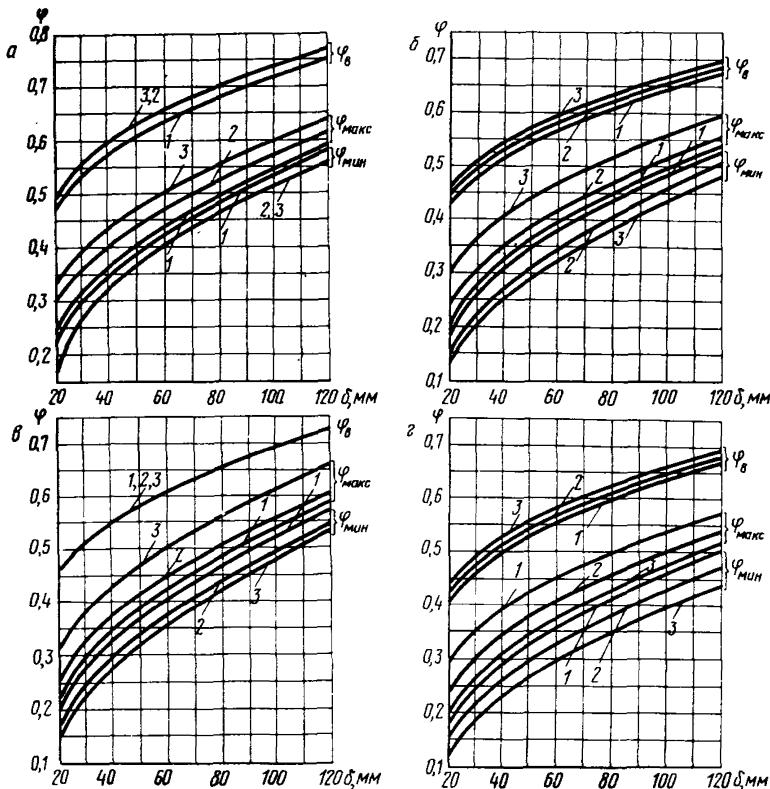
С двумя спутниками $d_{\text{сл}} = 0,025 \text{ м}$: а - $d_{\text{тр}} = 0,325 \text{ м}$; б - $d_{\text{тр}} = 0,377 \text{ м}$; в - $d_{\text{тр}} = 0,426 \text{ м}$; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



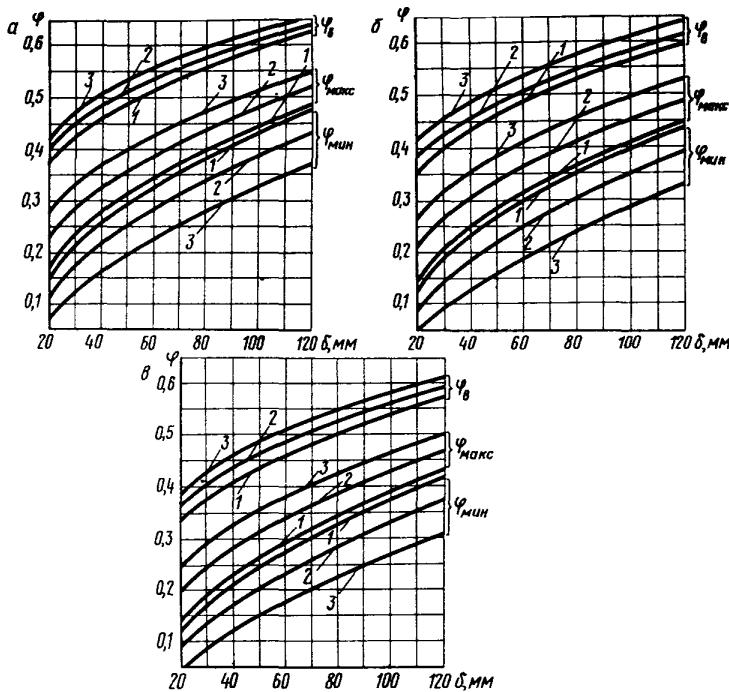
С двумя спутниками $d_{\text{сп}} = 0,025 \text{ м}$: а - $d_{\text{сп}} = 0,529 \text{ м}$; б - $d_{\text{сп}} = 0,630 \text{ м}$; в - $d_{\text{сп}} = 0,720 \text{ м}$; I - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



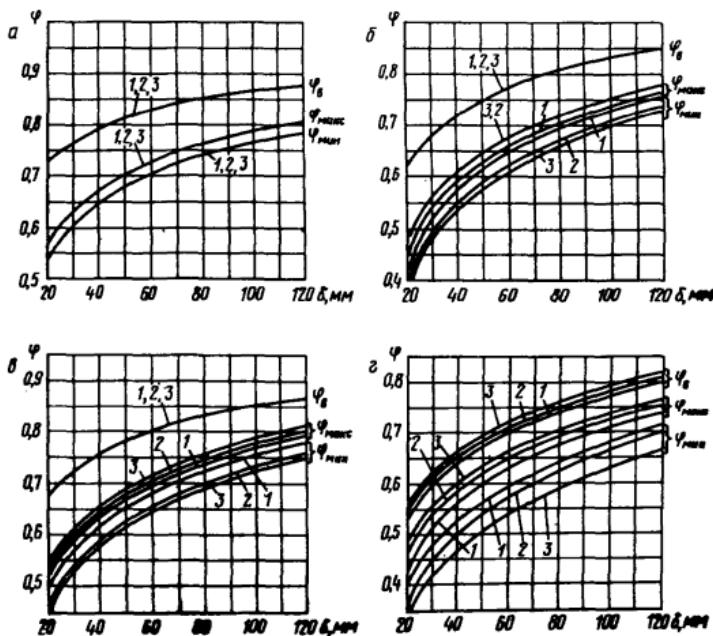
С одним спутником $d_{sp} = 0,032$ м: а - $d_{mp} = 0,089$ м; б - d_{mp} = 0,159 м; в - $d_{mp} = 0,108$ м; г - $d_{mp} = 0,219$ м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



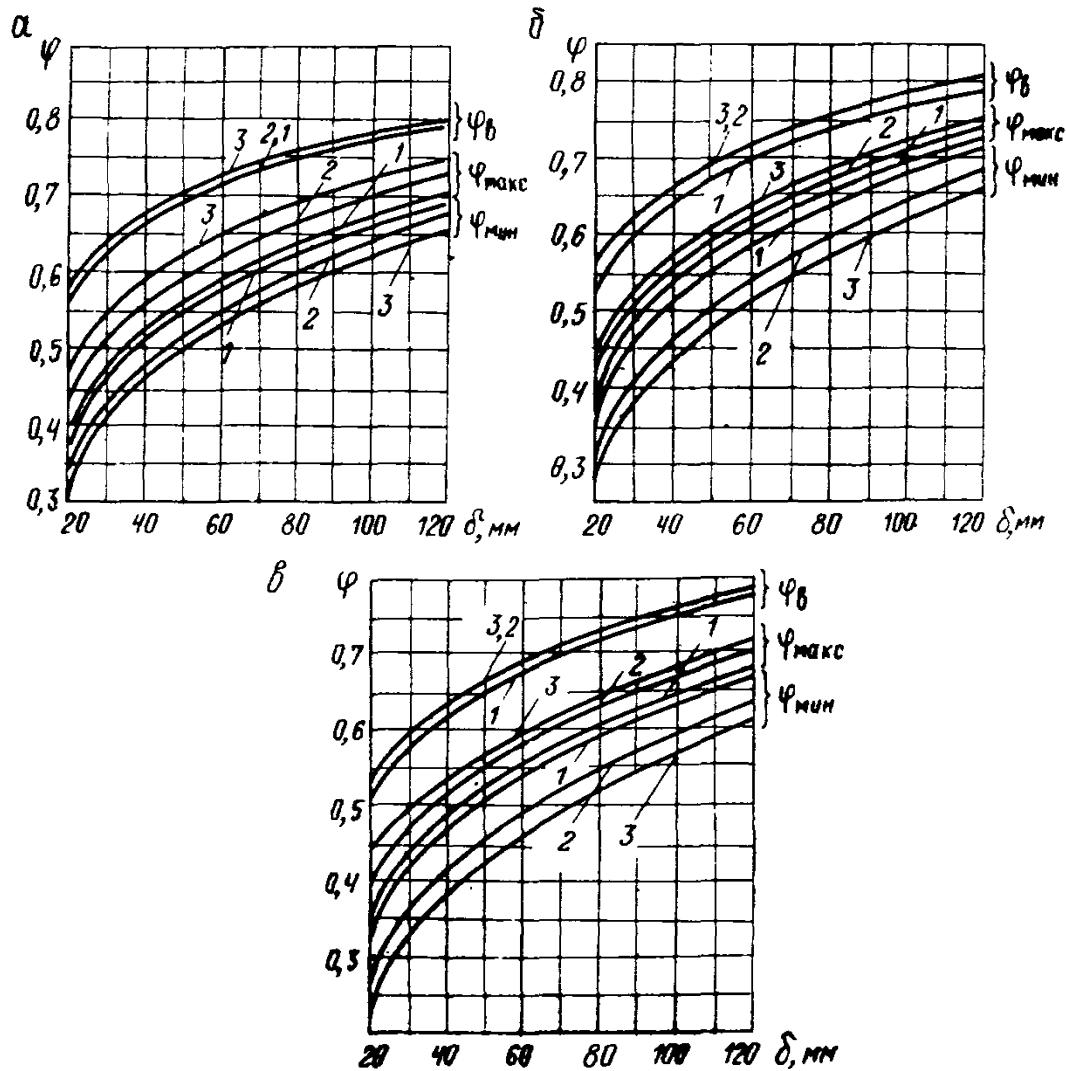
С одним спутником $d_{сп} = 0,032$ м; а - $d_{сп} = 0,273$ м; б - $d_{сп} = 0,377$ м; в - $d_{сп} = 0,426$ м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



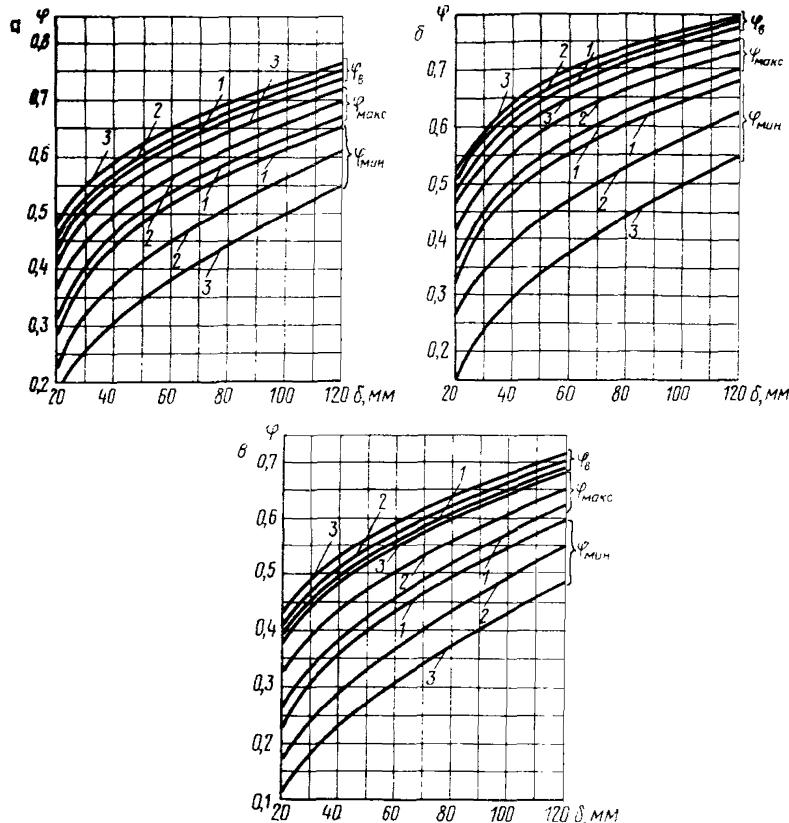
С одним спутником $d_{\text{сп}} = 0,032 \text{ м}$; $a - d_{\text{сп}} = 0,529 \text{ м}$; $b - d_{\text{сп}} = 0,630 \text{ м}$; $b - d_{\text{сп}} = 0,720 \text{ м}$; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



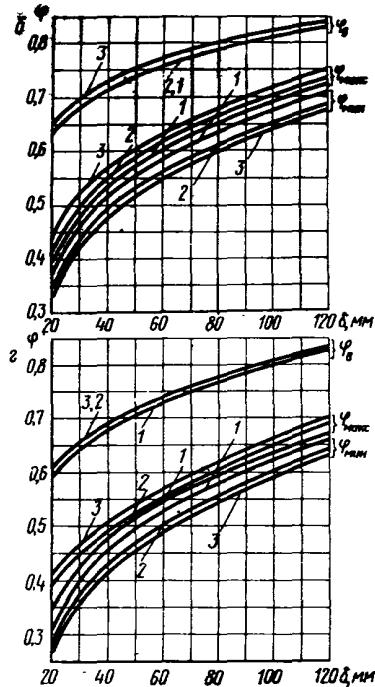
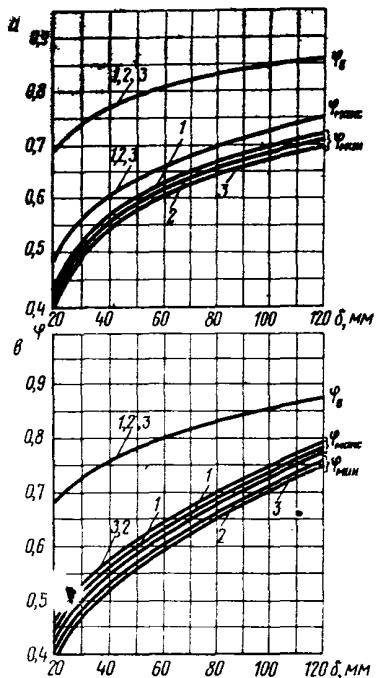
С лунными спутниками $d_{on} = 0,032$ м; а - $d_{mp} = 0,108$ м; б - $d_{mp} = 0,219$ м; в - $d_{mp} = 0,159$ м; г - $d_{mp} = 0,273$ м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



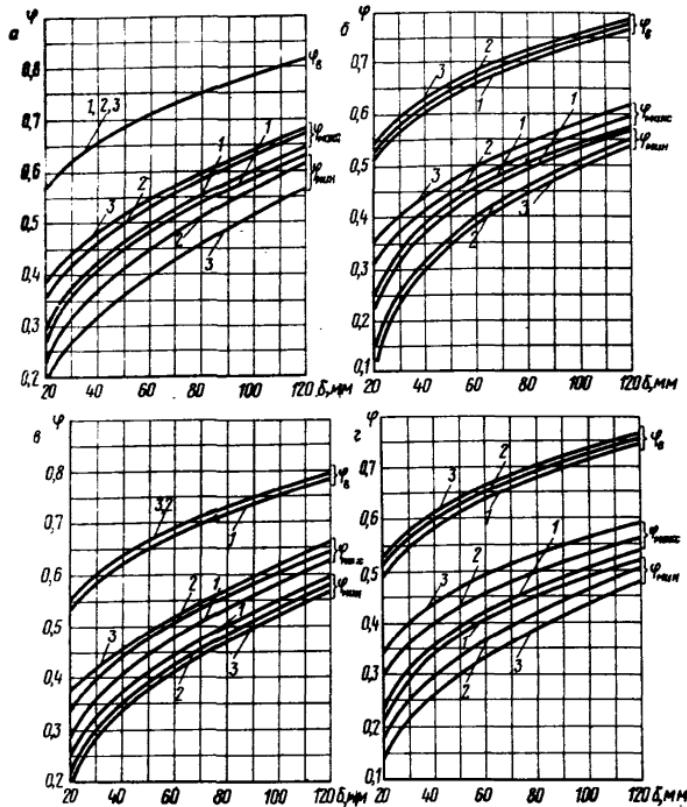
С двумя спутниками $d_{сп} = 0,032$ м: а - $d_{мр} = 0,325$ м; б - $d_{мр} = 0,377$ м; в - $d_{мр} = 0,412$ м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



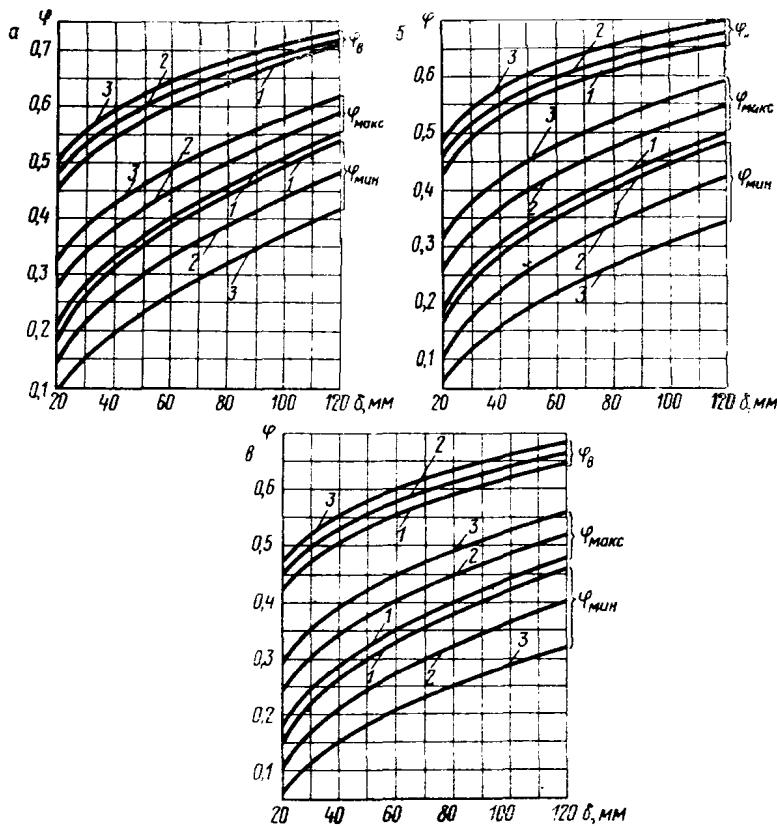
С двумя спутниками $d_{сп} = 0,032$ м: а - $d_{тр} = 0,529$ м; б - $d_{тр} = 0,630$ м; в - $d_{тр} = 0,720$ м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



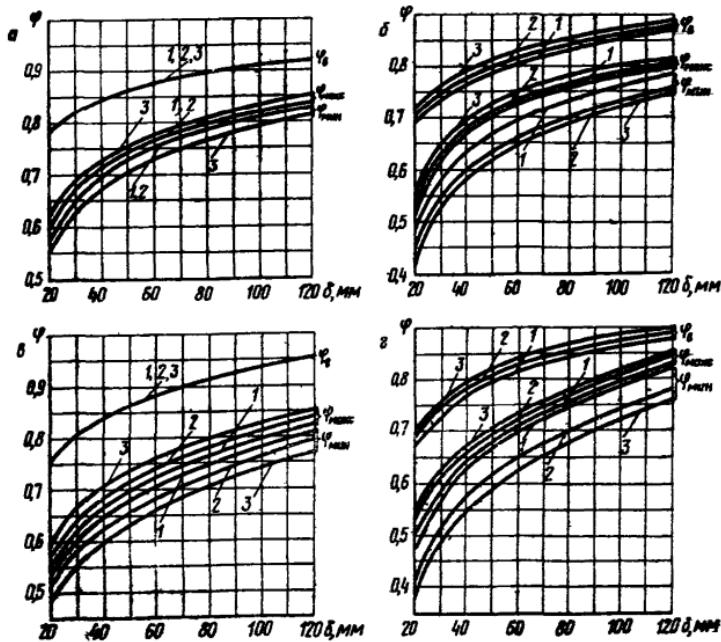
С одним спутником $d_{sp} = 0,045$ м; $a - d_{sp} = 0,089$ м; $\delta - d_{sp}$ = 0,159 м; в - $d_{sp} = 0,108$ м; г - $d_{sp} = 0,219$ м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



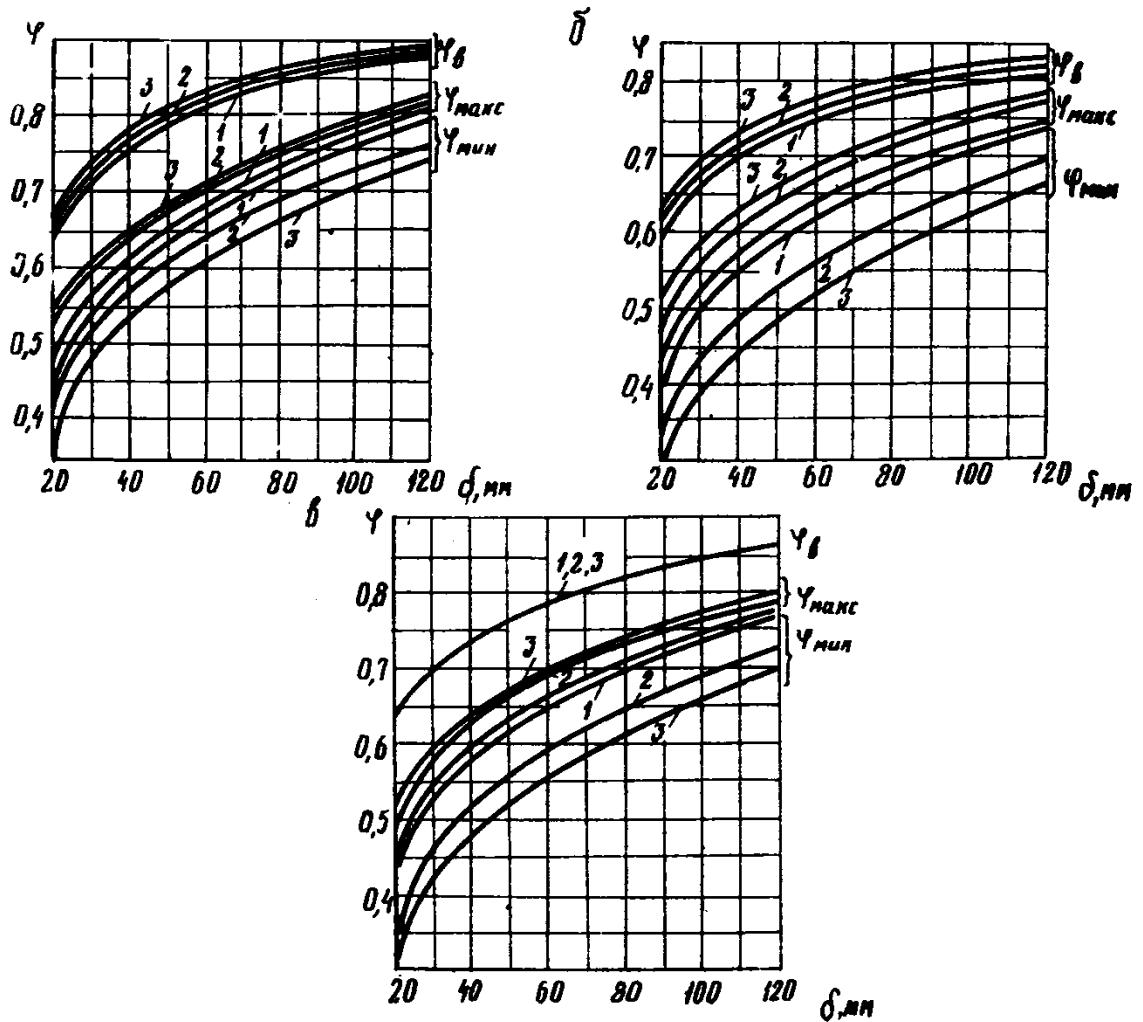
С одним спутником $d_{cp} = 0,045$ м; а - $d_{mp} = 0,273$ м; б - $d_{mp} = 0,377$ м; в - $d_{mp} = 0,325$ м; г - $d_{mp} = 0,426$ м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



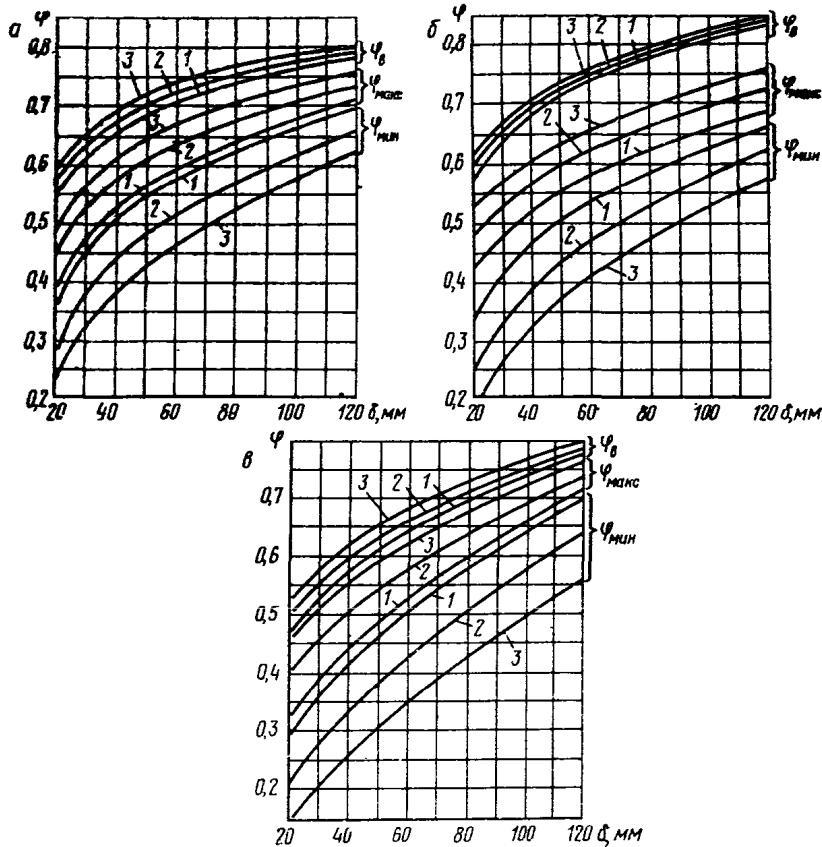
С одним спутником $d_{sp} = 0,045$ м: а - $d_{mp} = 0,529$ м; б - $d_{mp} = 0,630$ м; в - $d_{mp} = 0,720$ м; 1 - вода, растворы пелочей кислот; 2 - масла; 3 - газы



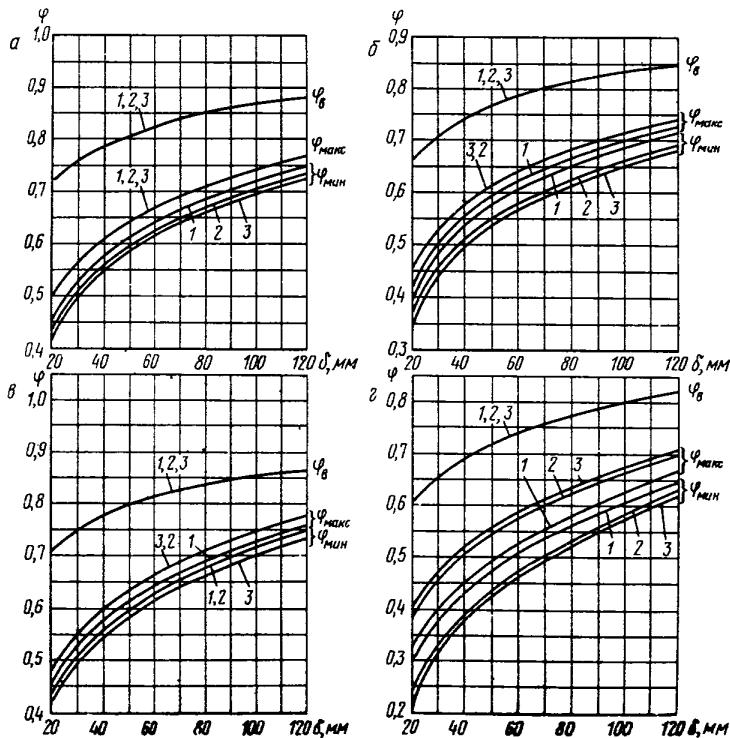
С двумя спутниками $d_{\text{сп}} = 0,045 \text{ м}$: а - $d_{\text{сп}} = 0,108 \text{ м}$; б - $d_{\text{сп}} = 0,219 \text{ м}$; в - $d_{\text{сп}} = 0,159 \text{ м}$; г - $d_{\text{сп}} = 0,273 \text{ м}$; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



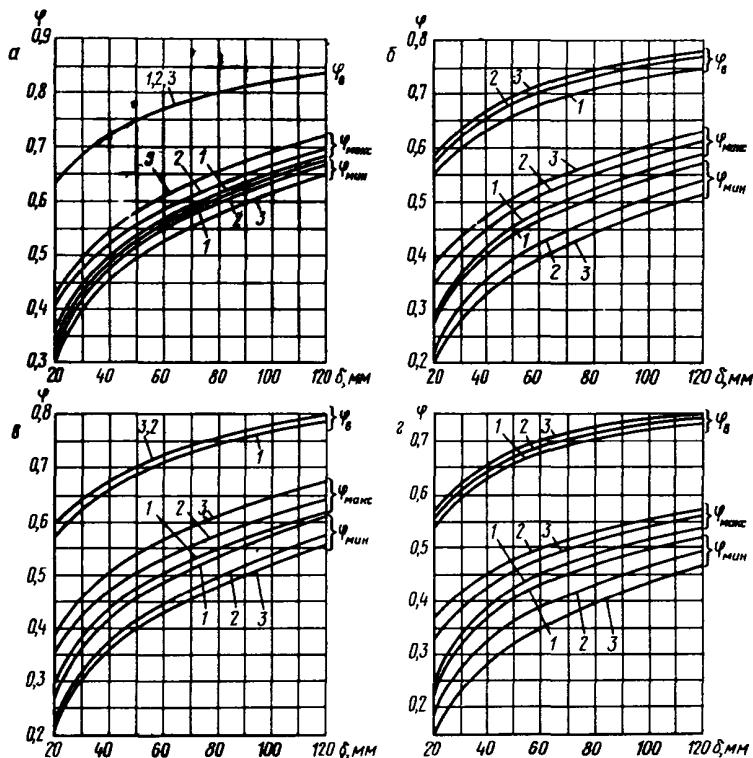
С двумя спутниками $d_{op} = 0,045$ м; а - $d_{mp} = 0,325$ м; б - $d_{mp} = 0,426$ м; в - $d_{mp} = 0,377$ м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



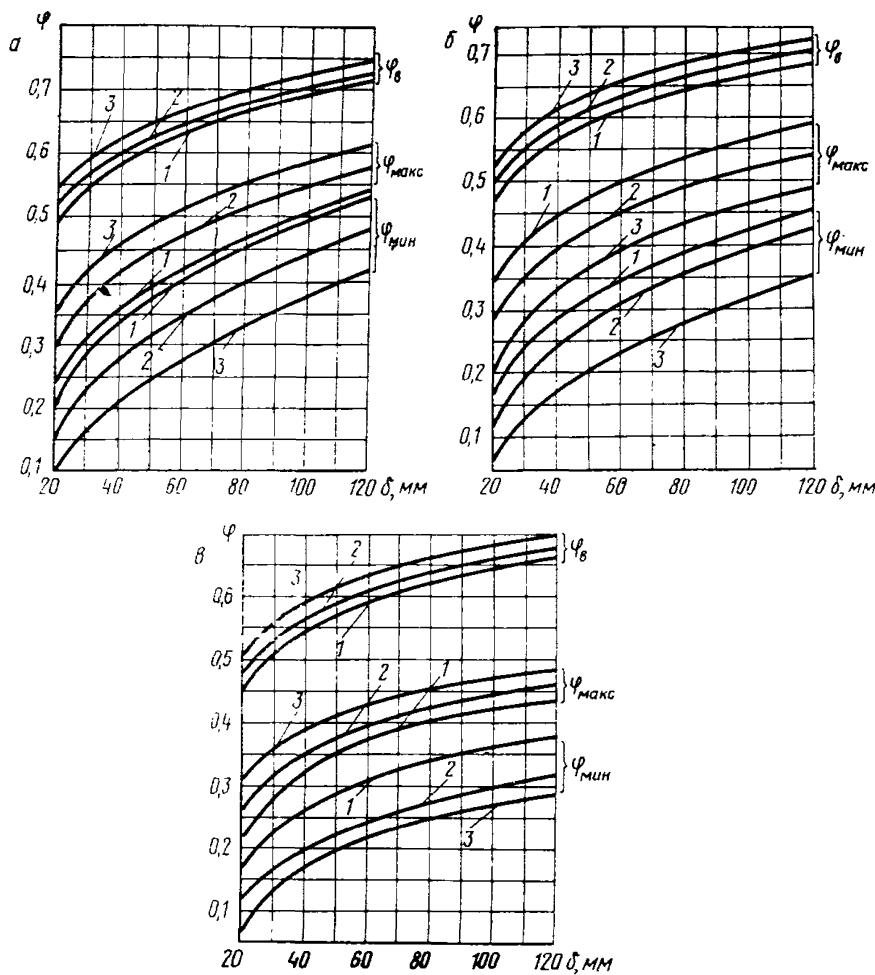
С двумя спутниками $d_{sn} = 0,045$ м; $a - d_{mp} = 0,529$ м; $\delta - d_{mp} = 0,630$ м; $b - d_{mp} = 0,720$ м; I - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



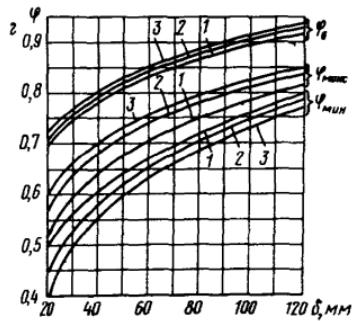
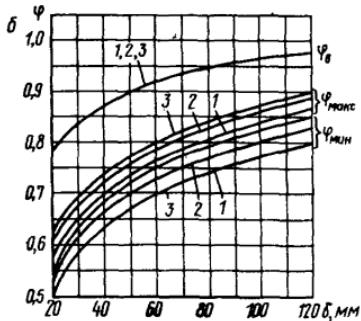
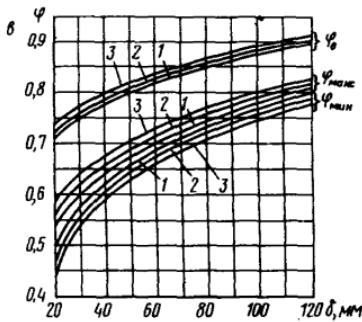
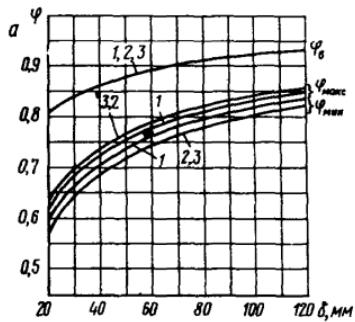
С одним спутником $d_{sp} = 0,057$ м: а - $d_{tr} = 0,089$ м; б - $d_{sp} = 0,159$ м; в - $d_{tr} = 0,108$ м; г - $d_{tr} = 0,273$ м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



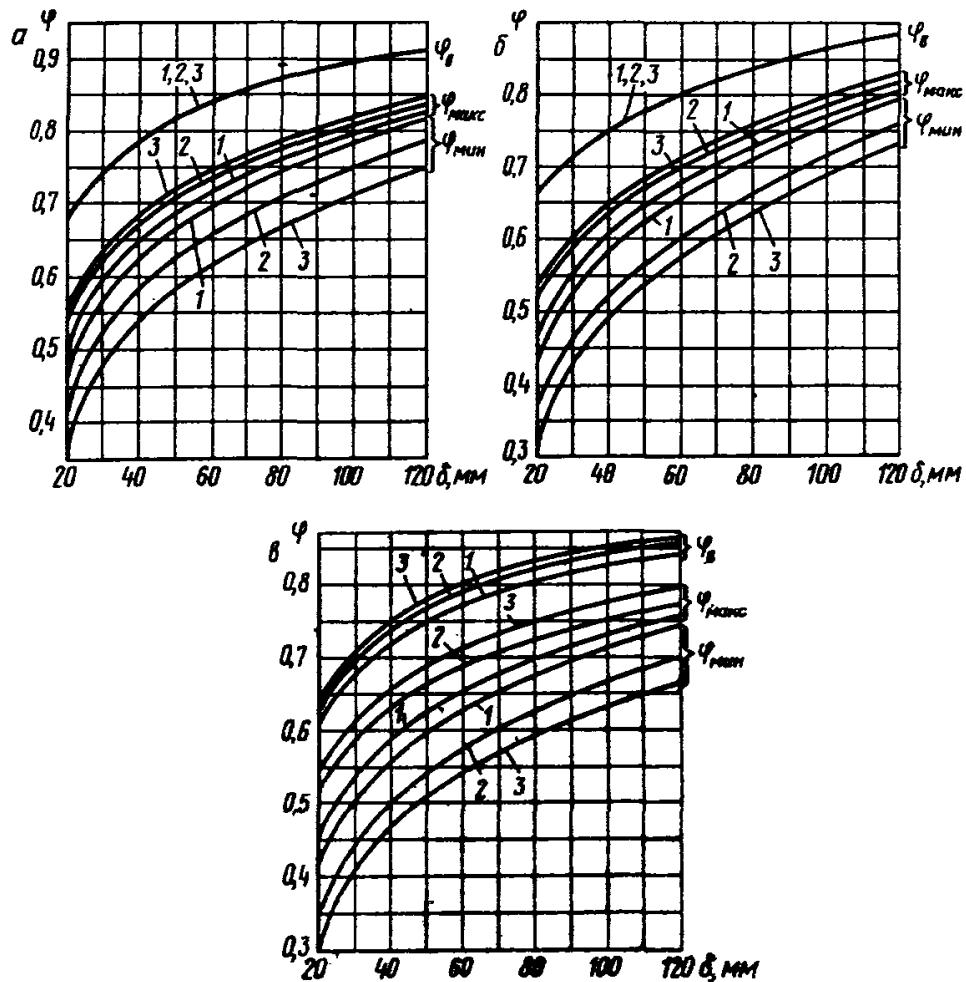
С одним спутником $d_{sp} = 0,057$ м: а - $d_{sp} = 0,219$ м; б - растворы щелочей и кислот; 1 - вода, $d_{sp} = 0,377$ м; в - $d_{sp} = 0,325$ м; г - $d_{sp} = 0,426$ м; 1 - вода, 2 - масла; 3 - газы



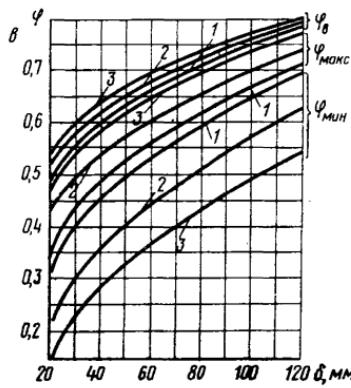
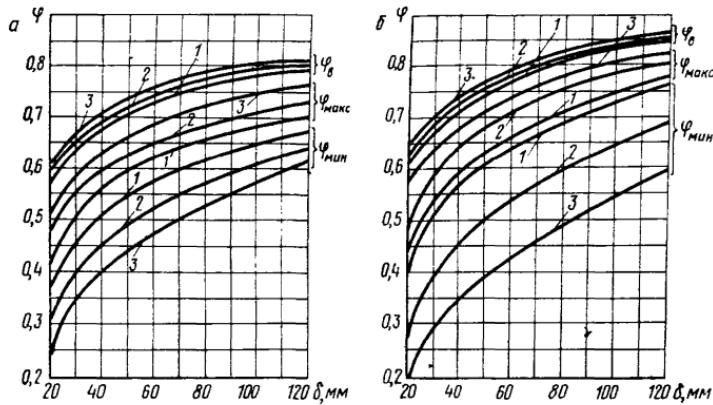
С одним спутником $d_{сп} = 0,057$ м: а - $d_{сп} = 0,529$ м; б - $d_{сп} = 0,630$ м; в - $d_{сп} = 0,720$ м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



С двумя спутниками $d_{\text{сп}} = 0,057$ м: а - $d_{\text{сп}} = 0,108$ м; б - $d_{\text{сп}} = 0,219$ м; в - $d_{\text{сп}} = 0,159$ м; г - $d_{\text{сп}} = 0,273$ м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



С двумя спутниками $d_{\text{сп}} = 0,057 \text{ м}$: а - $d_{\text{сп}} = 0,325 \text{ м}$; б - $d_{\text{сп}} = 0,377 \text{ м}$; в - $d_{\text{сп}} = 0,426 \text{ м}$; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



С двумя спутниками $d_{sp} = 0,057$ м: а - $d_{sp} = 0,529$ м; б - $d_{sp} = 0,630$ м; в - $d_{sp} = 0,720$ м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

Справочное

Примеры расчета теплоизолированных конструкций
продуктопроводов, обогреваемых паровыми
и вспомогательными спутниками

Пример I.

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

Возможна остановка продукта менее чем на 12 ч.

Обогревающий теплоноситель – пар давлением $10 \text{ кгс}/\text{см}^2$ и температурой насыщения $t_{cn} = 179^{\circ}\text{C}$.

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

Наружный диаметр продуктопровода $d_{mp} = 0,426 \text{ м}$.

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:

$$\lambda_{iz} = 0,044 + 0,0003I t_{cp}.$$

Определяем t_{cp} по формуле

$$t_{cp} = \frac{t_{cn} + t_{tp} + 2t_o}{4} = \frac{179 + 60 - 80}{4} = 39,8^{\circ}\text{C}.$$

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

По приложению 5 получаем ориентировочно количество спутников – I и диаметр $d_{sp} = 0,032 \text{ м}$.

По лл. 3.16 – 3.19 находим толщину изоляционного слоя, а по формуле (I4) – безразмерную температуру продуктопровода:

$$\psi_{tp} = \frac{t_{tp} - t_o}{t_{sp} - t_o} = \frac{60 + 40}{179 + 40} = 0,456$$

По табл. 9 приложения 10, как для движущегося продукта определяем $\delta_{iz} = 0,052 \text{ м}$.

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 $\delta_p = 0,05 \text{ м.}$

Пример 2.

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

Возможна остановка продукта более чем на 12 часов.

Диаметр продуктопровода $d_{tp} = 0,630 \text{ м.}$

Температуру продукта необходимо поддерживать на уровне $t_{tp} = 30^{\circ}\text{C}$.

Обогревающий теплоноситель – вода температурой $150 - 70^{\circ}\text{C}$.

Скорость теплоносителя $U = 0,8 \text{ м/с.}$

Требуется. Подобрать диаметр и количество обогревающих спутников, определить толщину изоляционного слоя из минераловатных промышленных матов марки I00 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 I определяем коэффициент теплопроводности изоляционного слоя:

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

Находим t_{cp} по формуле

$$t_{cp} = \frac{t_{cp}'' + t_{cp}^* + 2t_0}{4},$$

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

$$t_{cp}'' = \frac{t_{cp}'' + t_{cp}^*}{2} = \frac{150 + 70}{2} = 110^{\circ}\text{C}.$$

$$\text{Тогда } t_{cp} = \frac{110 + 30 - 80}{4} = 15^{\circ}\text{C};$$

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

По приложению 5 получаем ориентировочно количество спутников – I и диаметр – $d_{cp} = 0,032 \text{ м.}$

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

Согласно пп. 3.24 - 3.26 находим:

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

По графику приложения I2 определяем: $\delta_{\text{из}} = 0,06 \text{ м}$, $\varphi_{\text{в}} = 0,68$.
По формуле (15) находим расчетную толщину изоляционного слоя:

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

Согласно приложению I принимаем расчетную толщину изоляции $\delta_p = 0,05 \text{ м}$.

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

$$q_{\text{сп}} = \frac{t_{\text{сп}} - \varphi_{\text{в}} (t_{\text{сп}} - t_0) - t_0}{I},$$

где $R_I = 0,32$ (из табл. I приложения 9).

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

По приложению II находим:

$$W_{\text{сп}} = 1740 \text{ Вт/град.}$$

Длину обогреваемого участка определяем по формуле (17):

$$L = \frac{W_{\text{сп}} (t_{\text{сп}}^{\text{Н}} - t_{\text{сп}}^{\text{K}})}{q_{\text{сп}}} = \frac{1740 (150 - 70)}{150} = 930 \text{ м.}$$

О Г И А В Л Е Н И Е

1. 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, I	14
4. Расчет температур обогревающей воды и продукта при обогреве магистральных продуктопроводов	15
Приложение 1. Номенклатура и краткая характеристика теплоизоляционных материалов, применяемых в качестве основного теплоизоляционного слоя	20
Приложение 2. Номенклатура материалов для защитно-покровного слоя и область их применения	25
Приложение 3. Коэффициенты уплотнения изделий из волокнистых материалов К	26
Приложение 4. Расстояние между осьми изолированных продуктопроводов со спутниками при прокладке на эстакадах	27
Приложение 5. Ориентировочный выбор диаметров и количества спутников для продуктопроводов, расположенных в помещении и на открытом воздухе	28
Приложение 6. Зависимость эффективного критерия Нуссельта от произведения критерия Грасгофа и Прандтля	32
Приложение 7. Зависимость температурного фактора А от средней температуры	33
Приложение 8. Коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции в окружении воздуха λ_n	33
Приложение 9. Удельные термические сопротивления	34

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

III3968 Подписано в печать 22/П-1978 г.

формат 60x90/16 Печ.л.6,75 Уч.-изд.л. 3,6

Бумага тип.№ 2 Изд.№ III-Ш-16-77 Тираж 250

Зак. 131 Цена 52 коп.

ЦБНТИ минмонтажспецстроя СССР

Москва В-49, ул.Димитрова, 38а