

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. Солодаников**  
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 обогреваемыми 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. лаборат. группой, 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 Г.А. Масленников) и отдела проектирования тепловой изоляции (нач. отдела В.И.Герасимова, гл. специалист В.В.Попова).

Минмонтажспецстрой СССР	Ведомственные строительные нормы	<u>РСН 168-76</u> 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

### 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. 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.

1.2. 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.

1.3. 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.

1.4. Выбор схем подключения водяных обогревающих спутников (рис.1) должен осуществляться с учетом общей схемы теплоснабжения предприятия, расположения обогреваемых продуктопроводов, ко-

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

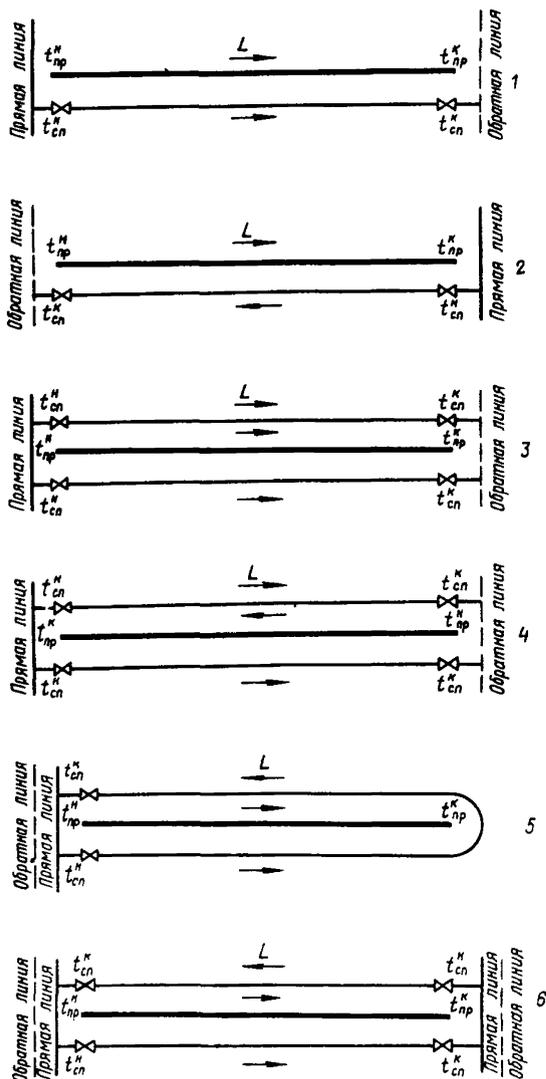


Рис.1. Схемы подключения обогревающих спутников: 1 - прямоток с одним спутником; 2 - противоток с одним спутником; 3 - прямоток с двумя спутниками; 4 - противоток с двумя спутниками; 5 - смешанный ток с двумя спутниками с односторонней подпиткой; 6 - смешанный ток с двумя спутниками с двусторонней подпиткой

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

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

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

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

I.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.

I.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 обуславливают 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 промышленными методами, а именно:

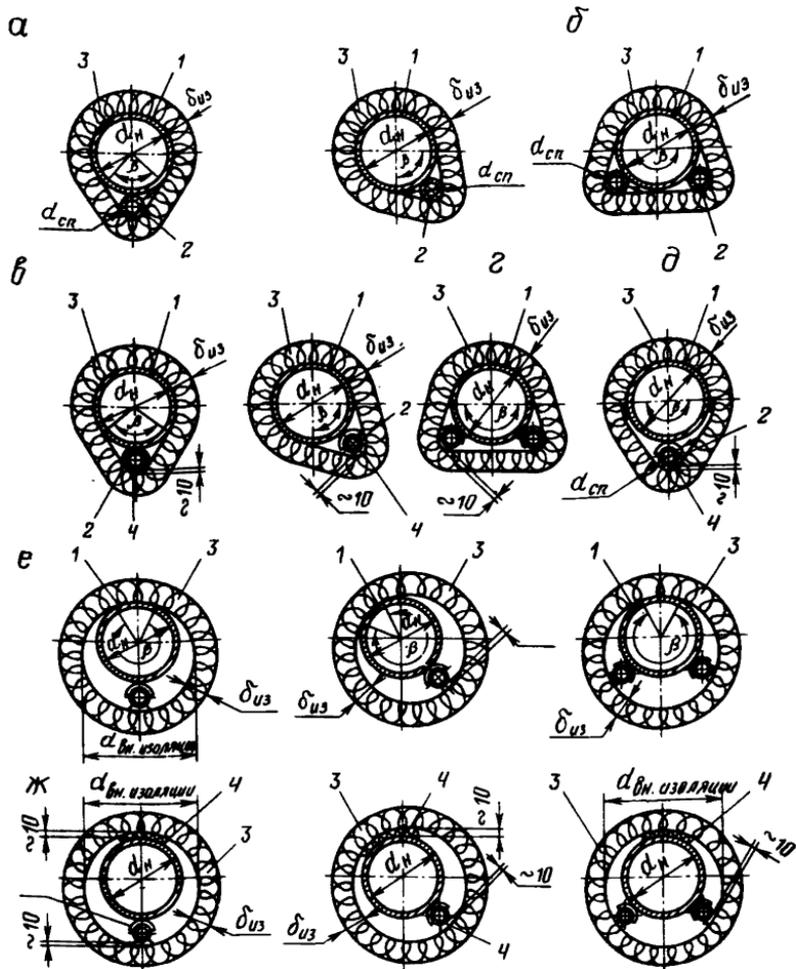


Рис. 2. Типы конструкций тепловой изоляции: а - без подкладки,  $\beta < 180^\circ$ ; б - без подкладки,  $\beta \approx 180^\circ$ ; в - с подкладкой,  $\beta < 180^\circ$ ; г - с подкладкой,  $\beta \approx 180^\circ$ ; д - с подкладкой,  $\beta = 180^\circ$ ; е - с подкладкой,  $\beta > 180^\circ$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

покрытия из тонколистовой оцинкованной стали, тонколистовой кровельной стали с окраской, листов алюминиевого сплава; скорлупы и листы из стеклопластиков.

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

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

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

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

Уплотнение учитывается общим расчетным коэффициентом уплотнения  $K$ . 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  $K_{\Gamma}$ , учитывающий потери в соответствии со сметными нормами:

$$V_a = U_m \cdot K K_{\Gamma}, \quad (I)$$

где  $U_a$  - объем изделий в ведомости потребных материалов (заказной спецификации),  $m^3$ ;

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

2.15. Толщина минерало- и стекловатных изделий  $\sigma_a^i$  в ведомости потребных материалов (заказной спецификации) определяется по формуле

$$\sigma_a^i = \sigma_p^i K \frac{d_{np} + \sigma_p^i}{d_{np} + 2\sigma_p^i}, \quad (2)$$

где  $\sigma_p^i$  - расчетная толщина изоляции в конструкции, указанная в техномонтажной ведомости, м;

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

$d_{np}$  - наружный диаметр продуктопровода, м;

$d_{cn}$  - наружный диаметр спутника, м;

$K$  - общий коэффициент уплотнения, принимаемый по приложению 3.

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

2.16. 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  $t_a$  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 ТЭЦ, 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:

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

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

где  $t_{mp}, t_a, t_b$  - температура соответственно продукта, окружающего воздуха и воздуха в пространстве, ограниченном изоляцией, °С.

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

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

где  $t_{cn}^n$  - температура воды на входе в спутник, °С;  
 $t_{cn}^k$  - температура воды на выходе из спутника, °С.

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

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

где  $n$  - число спутников;  
 $\alpha_{cn}$  - коэффициент теплоотдачи спутника, Вт/м<sup>2</sup>·град (ккал/м<sup>2</sup>·ч·град);  
 $d_{cn}$  - наружный диаметр спутника, м.

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

$$\alpha_{cn} = \frac{Nu_{sp} \lambda_a}{(t_{cn} - t_{mp}) d_{cn}}, \quad (7)$$

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

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

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

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

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

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

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

$$R_2 = \frac{1}{\alpha_{uz}^{\text{вн}} \delta_{uz}^{\text{вн}}} + \frac{\delta_{uz}}{\lambda_{uz} \delta_{uz}^{\text{оп}}} + \frac{1}{\alpha_{uz} \delta_{uz}^{\text{н}}} , \quad (\text{I0})$$

где  $\delta_{uz}$  — толщина изоляции, м;  
 $\delta_{uz}^{\text{вн}}$  — длина внутренней образующей изоляции, м;  
 $\delta_{uz}^{\text{н}}$  — длина наружной образующей изоляции, м;

$$\delta_{uz}^{\text{оп}} = \frac{\delta_{uz}^{\text{н}} + \delta_{uz}^{\text{вн}}}{2} . \quad (\text{II})$$

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

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

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

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

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

$$R_3 = \frac{2\mathcal{A}}{\lambda} \left[ \frac{1}{\alpha_{uz}^{\text{н}} \mathcal{A} (d_{mp} + 2\delta_{uz})} + \frac{1}{2\mathcal{A} \lambda_{uz}} \ln \frac{d_{mp} + 2\delta_{uz}}{d_{mp}} \right], \quad (\text{I2})$$

где  $\mathcal{A}$  — угол, характеризующий геометрию теплоизоляционной конструкции (см. рис.2, а, б, в, г, д, е, ж), радиан.

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

$$R_4 = \frac{2\beta}{\beta} \cdot \frac{1}{\lambda_{mp} \mathcal{A} d_{mp}} , \quad (\text{I3})$$

где  $\beta$  — угол, характеризующий геометрию теплоизоляционной конструкции (см. рис.2, а, б, в, г, д, е, ж), радиан.

Примечание. При расчетах теплоизоляционных конструкций типа

приведенных на рис.2,в,г значения  $R_1, R_2, R_3, R_4$  следует принимать по таблицам приложения 9.

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

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,в,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  $t_{mp}$  вычисляют безразмерную температуру продуктопровода  $\varphi_{mp}$  по формуле

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

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  $\varphi_{mp}$  из таблиц приложения 10 находят толщину изоляции  $\delta_{из}$ , удельное термическое сопротивление теплоотдаче от спутника  $R_1$  и безразмерную температуру воздуха в пространстве, ограниченном изоляцией,  $\varphi_{\delta}$ .

3.19. Расчетную толщину изоляции вычисляют по формуле:

$$\delta_p = \delta_{из} \frac{\lambda_{из}}{\delta, \delta \delta} K \psi, \quad (15)$$

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

$\psi$  - 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-

изоляция, расчетную толщину изоляции следует уменьшать на 20%.

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

$$L = \frac{0,9z \frac{\alpha^2 \delta_{н.сн}}{4} \cdot U_n 3600 \delta_n}{q_{сн}}, \quad (I6)$$

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

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

$\alpha_{внут}$  - внутренний диаметр спутника, м;

$U_n$  - скорость пара, м/с;

$\delta_n$  - объемная масса пара, кг/м<sup>3</sup>;

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

3.21. При обогреве водой длину обогреваемого участка определяют по формуле

$$L = \frac{W_{сн} (t_{сн}^н - t_{сн}^к)}{q_{сн}}, \quad (I7)$$

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

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

$$L = \frac{2W_{сн} (t_{сн}^н - t_{сн}^к)}{q_{сн}}. \quad (I8)$$

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

$$q_{сн} = \frac{t_{сн} - q_0 (t_{сн} - t_0) - t_a}{R_1}. \quad (I9)$$

Значения  $q_0$  и  $R_1$  принимают по таблицам приложения IO.

### Расчет тепловой изоляции при неподвижном продукте

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

$$y_{mp}^{\text{макс}} = \frac{t_{mp}^{\text{макс}} - t_0}{t_{cn} - t_0}; \quad (20)$$

$$y_{mp}^{\text{мин}} = \frac{t_{mp}^{\text{мин}} - t_0}{t_{cn} - t_0}; \quad (21)$$

$$y_0 = \frac{t_0 - t_0}{t_{cn} - t_0}, \quad (22)$$

где  $y_{mp}^{\text{макс}}$ ,  $y_{mp}^{\text{мин}}$  - безразмерные температуры продукта соответственно в нижней и верхней частях продуктопровода;

$y_0$  - безразмерная температура воздуха в пространстве, образованном изоляцией;

$t_{mp}^{\text{макс}}$  - температура продукта в нижней части продуктопровода, град;

$t_{mp}^{\text{мин}}$  - температура продукта в верхней части продуктопровода, град.

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

3.26. Расчет толщины изоляции ведут в следующем порядке.

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

В зависимости от выбранных диаметров спутника и продуктопровода, а также от вычисленных величин  $y_{mp}^{\text{макс}}$  или  $y_{mp}^{\text{мин}}$  по графикам приложения 12 находят толщину изоляции  $\delta_{03}$  и безразмерную температуру  $y_0$ .

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

#### 4. РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУР ОБОГРЕВАЕМОЙ 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. I) температуру греющей воды  $t_{cn}(L)$  и продукта  $t_{mp}(L)$  на расстоянии  $L$  определяют по следующим формулам:

$$t_{cn}(L) = \alpha - \frac{t_{cn} + \frac{b_1}{a_1 - \rho_1} \bar{t}_{mp}}{\frac{b_1}{a_1 - \rho_1} - \frac{b_2}{a_2 - \rho_2}} \cdot \frac{b_2}{a_2 - \rho_2} e^{\rho_2 L} + \frac{\bar{t}_{cn} + \frac{b_1}{a_1 - \rho_1} \bar{t}_{mp}}{\frac{b_1}{a_1 - \rho_1} - \frac{b_2}{a_2 - \rho_2}} \cdot \frac{b_2}{a_2 - \rho_2} e^{\rho_2 L} ; \quad (23)$$

$$t_{mp}(L) = \beta + \frac{\bar{t}_{cn} + \frac{b_1}{a_1 - \rho_1} \bar{t}_{mp}}{\frac{b_1}{a_1 - \rho_1} - \frac{b_2}{a_2 - \rho_2}} \cdot e^{\rho_2 L} - \frac{\bar{t}_{cn} + \frac{b_1}{a_1 - \rho_1} \bar{t}_{mp}}{\frac{b_2}{a_2 - \rho_2} - \frac{b_1}{a_1 - \rho_1}} \cdot e^{\rho_2 L} . \quad (24)$$

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

$$\bar{t}_{cn} = t_{cn}'' - t_0 ; \quad (25)$$

$$\bar{t}_{mp} = t_{mp}'' - t_0 , \quad (26)$$

где  $t_{cn}''$  - температура воды на входе в спутник, °С;  
 $t_{mp}''$  - температура продукта на входе в трубопровод, °С.

4.4. Коэффициенты  $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$ ,  $a_2$ ,  $b_2$ ,  $c_2$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\rho_1$  и  $\rho_2$  определяют по формулам:

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

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

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

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

$$b_2 = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}\right) R_4^2 W_{m0}} - \frac{1}{R_3 W_{mp}} - \frac{1}{R_4 W_{mp}} ; \quad (31)$$

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

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

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

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

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

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  $W_{сп}$  находят по графику приложения II. Для определения нужного эквивалента для движущегося продукта  $W_{тр}$  при заданных диаметре продуктопровода и скорости движения продукта в найденную по графику приложения II величину  $W$  вводят поправку:

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

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

$\gamma_{пр}$  - объемная масса продукта при температуре продукта  $t_{mp}$ , кг/м<sup>3</sup>.

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

$$t_{cn}(\mathcal{L}) = \alpha - \frac{\bar{t}_{cn} l^{P_2 \mathcal{L}} + \frac{b_1}{a_1 - P_2} \bar{t}_{mp}}{\frac{b_1}{a_1 - P_2} l^{P_2 \mathcal{L}} - \frac{b_1}{a_1 - P_1} l^{P_2 \mathcal{L}}} \cdot \frac{b_1}{a_1 - P_1} l^{P_2 \mathcal{L}} + \quad (38)$$

$$+ \frac{\bar{t}_{cn} l^{P_1 \mathcal{L}} + \frac{b_1}{a_1 - P_1} \bar{t}_{mp}}{\frac{b_1}{a_1 - P_2} l^{P_1 \mathcal{L}} - \frac{b_1}{a_1 - P_1} l^{P_2 \mathcal{L}}} \cdot \frac{b_1}{a_1 - P_2} l^{P_2 \mathcal{L}}$$

$$t_{mp}(\mathcal{L}) = \beta + \frac{\bar{t}_{cn} l^{P_2 \mathcal{L}} + \frac{b_1}{a_1 - P_2} \bar{t}_{mp}}{\frac{b_1}{a_1 - P_2} l^{P_2 \mathcal{L}} - \frac{b_1}{a_1 - P_1} l^{P_2 \mathcal{L}}} l^{P_1 \mathcal{L}} \quad (39)$$

$$- \frac{\bar{t}_{cn} l^{P_1 \mathcal{L}} + \frac{b_1}{a_1 - P_1} \bar{t}_{mp}}{\frac{b_1}{a_1 - P_2} l^{P_1 \mathcal{L}} - \frac{b_1}{a_1 - P_1} l^{P_2 \mathcal{L}}} \cdot l^{P_2 \mathcal{L}}$$

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

$$a_1 = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) R_1^2 W_{cn}} - \frac{1}{R_1 W_{cn}}; \quad (40)$$

$$b_1 = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}\right) R_1 R_4 W_{cn}}; \quad (41)$$

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

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

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

$$C_2 = - \frac{t_0}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}\right) R_2 R_4 W_{mp}} - \frac{t_0}{R_3 W_{mp}} . \quad (45)$$

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.

# П Р И Л О Ж Е Н И Я

**П Р И Л О Ж Е Н И Е I**

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

Наименование материала	ГОСТ или техни- ческие условия	Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>		Расчетный коэффи- циент теплопровод- ности в конструк- ции $\lambda$ из $\lambda$ из $\lambda$ из ( $\lambda$ из $\lambda$ из $\lambda$ из •град)	Темпе- ратура приме- нения, °С	Размер изделия, 10 <sup>3</sup> , м
		мате- риала	материала в конст- рукции (без кре- пежных де- талей и покровного слоя)			
1	2	3	4	5	6	7

Изделия теплоизоляцион-  
ные из стеклянного шта-  
пельного 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; толщи-  
на 30,40,50,  
60,70,80

Маты в рулоне техни-  
ческие:

## 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 -
марки МРТ-50	ГОСТ 10499-67	50	80	$0,042+0,00035 t_{cp}$		13000; шири- на 500, 900, 1000, 1500; толщина 30, 40,50,60,70, 80
Конструкции полносборные теплоизоляционные мине- рватные с различными покрытиями	ТУ 36-1180-70			Соответствуют минераловатным изделиям, применяемым для изготовления конструкций		Длина 540 - 1040 для $d_{np} =$ 25,32,45, 57,89,108, 159,219,273; толщина 30, 40,50,60 для $d_{np}=19-89$ ; 40,50,60 для $d_{np}=108-159$ ; 40,50,60,70, 80,90 для $d_{np}=219-273$
Маты теплоизоляционные минераловатные верти- кально-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

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 100	MPTУ-7-19-68	100	130	$0,045+0,00020 t_{cp}$	До 600	Длина 1000 -
марки 150	MPTУ 7-19-68	150	200	$0,0535+0,000185 t_{cp}$	при об-	ширина
марки 200	MPTУ 7-19-68	200	260	$0,058+0,000185 t_{cp}$	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

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

1	2	3	4	5	6	7
Цилиндры полые теплоизо- ГОСТ I4356-69 ляционные из минеральной ваты на синтетическом связующем:						
марки 150		150	150	$0,049+0,00020 t_{cp}$	То 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 $d_{тр}=57,$ 76,89; 40,50,60 для $d_{тр}=108,133,$ 159; 50,60 для $d_{тр}=219,273$

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

$$t_{cp} = \frac{t_{сн} + t_{тр} + 2t_0}{4},$$

где  $t_{сн}$  - температура спутника;  
 $t_{тр}$  - температура продукта;  
 $t_0$  - температура окружающей среды (расчетная).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2  
Рекомендуемое

Номенклатура материалов для защитно-покровного слоя  
и область их применения

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

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

Материал	Толщина листов для покрытия (мм) при $d_{пр} \cdot 10^3$ , м		
	до 350	350 - 600	свыше 600
Сталь тонколистовая кровельная, оцинкованная	0,4 - 0,5	0,8	0,8 - 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

П Р И Л О Ж Е Н И Е 3

Коэффициенты уплотнения изделий из волокнистых материалов К

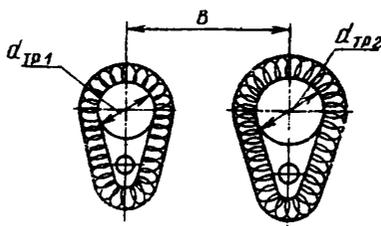
Теплоизоляционные изделия	Значение расчетного К
Плиты мягкие минераловатные на синтетическом связующем	1,5
Маты минераловатные прошивные	1,2
Плиты минераловатные полужесткие на синтетическом связующем	1,2
Полосы и маты из непрерывного стекловолокна прошивные при применении на продуктопроводах до	
$d_{пр}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

Продолжение прил. 3

1	2
Плиты полужесткие из стеклянного штапельного волокна (технические и строительные)	I, I5
Маты из стеклянного штапельного волокна	I, 3

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Расстояние между осями изолированных продуктопроводов со спутниками при прокладке на эстакадах



Диаметр продукто- провода $d_{1p}$ , м	$d_{1p1}$												
	45	57	89	108	159	219	273	325	377	426	529	630	720
Расстояние между изолированными продуктопроводами B, м													
45	0,26	0,26	0,30	0,32	0,34	0,36	0,40	0,42	0,44	0,46	0,52	0,56	0,60
57	0,26	0,28	0,30	0,32	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,52	0,56	0,60
89	0,30	0,30	0,32	0,34	0,38	0,40	0,42	0,44	0,48	0,50	0,54	0,60	0,64
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	1,02
720	0,60	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,82	0,86	0,90	0,96	1,02	1,06

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Справочное

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

$d_{ср} \cdot 10^3, \text{ м}$	$t_{ср}, \text{ } ^\circ\text{C}$	$n$	$t_o = +10^\circ\text{C}$												$t_o = -40^\circ\text{C}$											
			$d_{мп} \cdot 10^3, \text{ м}$												$d_{мп} \cdot 10^3, \text{ м}$											
			89	108	159	219	273	325	377	426	529	630	720	89	108	159	219	273	325	377	426	529	630	720		
															$t_{мп}, \text{ } ^\circ\text{C}$											
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
180	I	115	110	105	105	90	85	80	75	70	60	60	100	95	85	75	60	55	50	50	40	30	25			
	2	-	135	130	125	115	110	110	100	100	90	90	-	125	115	110	100	85	95	75	75	60	60			
150	I	100	95	90	90	75	70	65	65	60	50	50	80	80	70	60	50	45	40	35	25	20	15			
	2	-	115	110	105	95	90	95	85	85	75	75	-	105	95	90	80	70	75	60	60	50	50			
130	I	85	80	80	75	65	60	60	55	50	45	45	70	65	60	50	40	35	30	30	20	15	10			
	2	-	100	95	90	85	80	80	75	70	65	65	-	90	80	75	65	60	65	50	50	40	40			
110	I	75	70	65	65	55	55	50	50	45	40	40	55	55	45	40	30	30	20	20	10	5	5			
	2	-	85	80	75	70	65	70	65	60	55	55	-	70	65	60	55	45	50	40	40	30	30			
90	I	60	60	55	55	45	45	40	40	35	35	30	40	40	35	30	20	20	15	10	5	-	-			
	2	-	70	65	65	60	55	55	50	50	45	45	-	60	50	45	40	35	40	30	30	20	20			
25	70	I	45	45	45	35	35	35	30	30	25	25	30	30	20	20	10	10	5	5	-	-	-			
		2	-	55	50	50	45	45	40	40	35	35	-	30	20	20	10	10	5	5	-	-	-			
60	I	40	40	40	35	35	30	30	25	25	25	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		2	-	45	45	40	40	40	40	35	35	30	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Продолжение прил. 5

	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
50	I	35	35	30	30	30	30	25	25	25	25	20	20	15	15	10	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	40	35	35	35	30	35	30	30	30	30	30	-	25	25	20	15	10	15	10	10	-	-	-
40	I	30	30	25	25	25	20	20	20	20	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	30	30	30	30	25	30	25	25	25	25	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	I	20	20	20	20	20	20	20	15	15	15	15	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	25	25	20	20	20	20	20	20	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
180	I	120	125	115	105	95	95	85	80	75	70	65	100	110	100	85	75	70	60	55	45	35	30		
	2	-	140	135	130	125	120	120	110	105	105	95	-	130	120	115	110	100	100	90	85	85	70		
150	I	100	105	95	85	80	80	75	70	65	60	55	85	90	80	65	60	55	45	40	30	25	20		
	2	-	115	110	110	100	100	100	90	90	90	75	-	105	100	95	85	80	80	70	65	70	55		
130	I	90	90	85	75	70	70	65	60	55	50	50	70	75	70	60	50	45	40	30	25	20	15		
	2	-	100	95	95	90	85	85	80	75	75	70	-	90	85	80	75	70	70	60	55	60	45		
110	I	75	75	70	65	60	60	55	50	45	45	40	60	60	55	45	40	35	30	25	20	10	10		
	2	-	85	80	80	75	75	75	70	65	65	60	-	75	70	65	60	55	55	50	45	45	35		
90	I	60	65	60	55	50	50	45	45	40	35	35	45	50	45	35	30	25	20	15	10	5	-		
	2	-	70	65	65	60	60	60	55	55	55	45	-	60	55	50	45	40	40	35	30	35	25		
70	I	50	50	45	40	40	40	35	35	30	30	30	30	30	35	30	20	20	15	10	5	-	-	-	
	2	-	55	55	50	50	45	45	45	40	45	40	-	45	40	35	35	30	30	25	20	25	15		
60	I	40	45	40	35	35	35	30	30	30	25	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	-	50	45	45	40	40	40	40	35	40	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
50	I	35	35	35	30	30	30	30	25	25	25	20	20	20	15	10	5	5	-	-	-	-	-	-	
	2	-	40	40	35	35	35	35	35	30	30	30	-	30	25	25	20	15	15	10	10	10	5		
40	I	30	30	30	25	25	25	25	20	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	-	30	30	30	30	30	30	25	25	25	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

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	1	20	25	20	20	20	20	20	20	15	15	15	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	25	25	25	20	20	20	20	20	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I80	1	I25	I30	I20	II0	I05	I00	95	90	85	75	70	II0	II5	I05	90	85	80	70	60	55	45	40	
		2	-	I50	I40	I35	I35	I35	I25	I20	II5	II0	II0	-	I40	I30	I20	I20	I20	II0	I05	95	85	85	
	I50	1	I05	II0	I00	95	90	85	80	75	70	65	60	90	95	85	75	70	60	55	50	45	35	30	
		2	-	I25	II5	II0	II5	II0	I05	I00	95	90	90	-	II5	I05	I00	I00	I00	90	85	80	70	70	
	I30	1	90	95	90	80	75	75	70	65	60	55	50	75	80	70	65	55	50	45	40	35	25	20	
		2	-	I05	I00	95	I00	95	90	85	85	80	80	-	I00	90	85	85	85	75	70	65	55	55	
	II0	1	80	80	75	70	65	60	60	55	50	45	45	60	65	60	50	45	40	35	30	25	20	I5	
		2	-	90	85	80	85	80	80	75	70	65	65	-	80	75	70	70	70	60	55	50	45	45	
	90	1	65	65	60	55	55	50	50	45	45	40	40	50	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	
		2	-	75	70	65	70	65	65	60	60	55	55	-	65	60	55	55	55	50	45	40	35	35	
	70	1	50	50	50	45	40	40	40	35	35	30	30	35	40	30	25	20	20	15	10	10	-	-	
		2	-	60	55	50	55	50	50	45	45	45	45	-	50	45	40	40	40	35	30	25	25	25	
	60	1	45	45	40	40	40	35	35	30	30	30	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		2	-	50	45	45	45	45	45	40	40	40	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	50	1	35	40	35	35	30	30	30	35	25	25	25	20	25	20	15	10	5	5	-	-	-	-	
		2	-	40	40	40	40	40	35	35	35	30	30	-	30	30	25	25	25	20	20	15	10	10	
	40	1	30	30	30	30	25	25	25	25	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		2	-	35	30	30	30	30	30	30	30	25	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	30	1	25	25	20	20	20	20	20	20	15	15	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		2	-	25	25	25	25	25	20	20	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	I80	1	I30	I30	I20	II5	II0	I00	95	90	85	75	60	II5	I20	I05	I00	90	75	70	60	55	45	25	
		2	-	I45	I45	I40	I35	I35	I30	I25	II5	I20	I05	-	I40	I40	I25	I25	I25	I20	I05	95	I00	85	

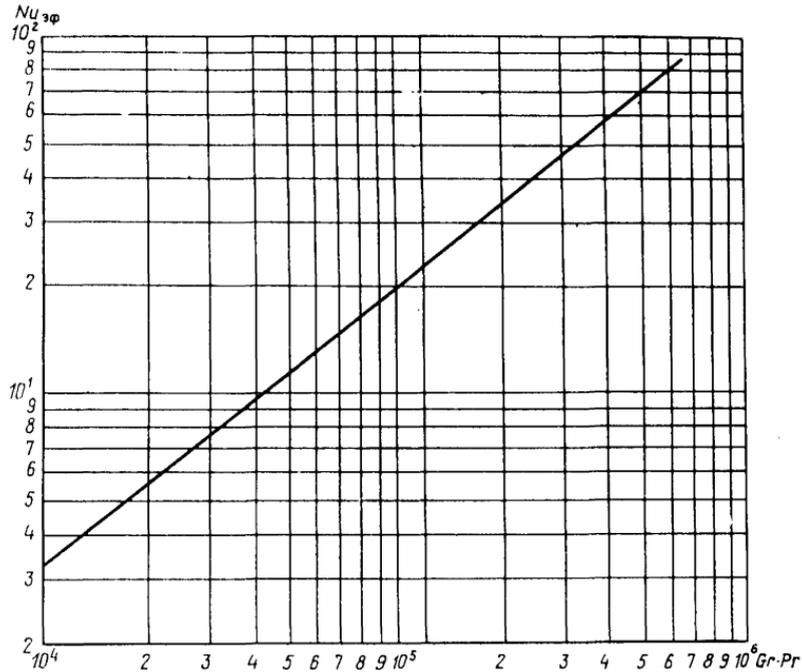
- 30 -

Продолжение прил. 5

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

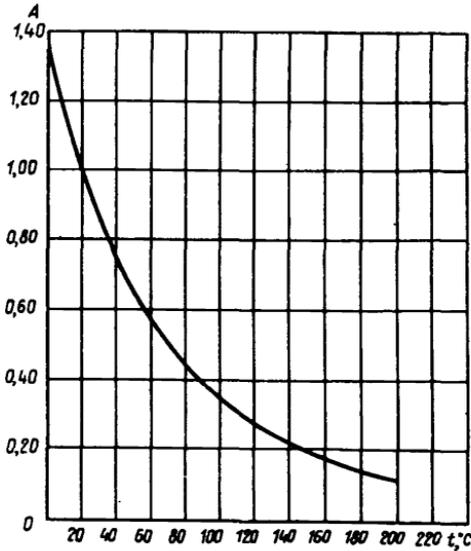
57  
- 18 -

Зависимость эффективного критерия Нуссельта от произведения критериев Грасгофа и Прандтля



**ПРИЛОЖЕНИЕ 7**  
Справочное

Зависимость температурного фактора А от средней температуры



**ПРИЛОЖЕНИЕ 8**  
Справочное

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

Местоположение изолируемого объекта	$\alpha_n$ , Вт/м <sup>2</sup> ·град ( $\alpha_n \cdot 1,16$ ккал/м <sup>2</sup> ·ч·град) для трубопроводов и оборудования диаметром, м	
	$d < 2$	$d \geq 2$
На открытом воздухе	29	34,8
В помещении и тоннелях для изоляции с покрытиями, имеющими коэффициент излучения:		
$C = 1,2+2,3$ Вт/м <sup>2</sup> ·град <sup>4</sup>	5,8	7,0
$C = 4,6+5,3$ Вт/м <sup>2</sup> ·град <sup>4</sup>	10,5	11,6
В непроходных каналах	8,1	-

П Р И Л О Ж Е Н И Е 9  
Справочное

Удельные термические сопротивления

Таблица I

Значения  $R$ ,

$d_{\text{сп}} \cdot 10^3$ , м	$t_{\text{сп}}$ , °C	Температура продуктопровода $t_{\text{пр}}$ , °C						
		30	50	70	90	100	120	130
		$R$ , м·град/Вт ( $R$ , ·0,86 м·ч·град/ккал)						
25	40	0,86	-	-	-	-	-	-
	70	0,63	0,74	-	-	-	-	-
	90	0,57	0,64	0,76	-	-	-	-
	120	0,53	0,59	0,66	0,76	0,83	-	-
	150	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	-	-	-	-
	120	0,32	0,35	0,40	0,46	0,49	-	-
	150	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	-	-	-	-
	120	0,14	0,15	0,17	0,20	0,21	-	-
	150	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	-	-	-	-
	120	0,10	0,10	0,12	0,14	0,15	-	-
	150	0,10	0,10	0,11	0,13	0,15	0,16	-

Продолжение прил. 9

Т а б л и ц а 2

Значения  $R_4$

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

Расчетный коэффициент теплопроводности в конструкции															
0,058					0,081					0,14					
Толщина изоляции															
$d_{\text{сп}} \cdot 10^3, \text{ м}$	20	40	60	100	120	20	40	60	100	120	20	40	60	100	120
	Диаметр спутника $d_{\text{сп}} = 0,025 \text{ м}$														
$R_2, \text{ м} \cdot \text{град}/\text{Вт} (R_2 \cdot 0,8)$															
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	5,39	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	1,16	1,53	2,23	2,55
Диаметр спутника $d_{\text{сп}} = 0,045 \text{ м}$															
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	2,16	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	1,21	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	1,16	1,69	1,94

Значения  $R_2$

$\lambda_{\text{из}}, \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{град} (\lambda_{\text{из}} \cdot 1,16 \text{ ккал}/\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$															
0,058					0,081					0,14					
$d_{\text{из}} \cdot 10^3, \text{ м}$	20	40	60	100	120	20	40	60	100	120	20	40	60	100	120
	Диаметр спутника $d_{\text{сп}} = 0,032 \text{ м}$														
$\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}/\text{ккал}$															
2,43	3,64	4,54	5,82	6,29	1,93	2,78	3,42	4,33	4,65	1,40	1,89	2,25	2,77	2,96	
2,40	3,65	4,60	5,97	6,48	1,90	2,78	3,47	4,43	4,79	1,39	1,88	2,27	2,83	3,04	
2,30	3,58	4,60	6,17	6,76	1,82	2,73	3,46	4,56	5,00	1,32	1,83	2,25	2,89	3,14	
2,22	3,51	4,56	6,18	6,82	1,76	2,67	3,41	4,58	5,03	1,27	1,80	2,22	2,89	3,15	
2,06	3,30	4,37	6,11	6,81	1,63	2,51	3,27	4,50	5,01	1,18	1,69	2,12	2,83	3,12	
1,88	3,08	4,14	5,91	6,66	1,49	2,34	3,09	4,35	4,89	1,08	1,57	2,00	2,73	3,04	
1,77	2,91	3,94	5,70	6,48	1,39	2,20	2,94	4,20	4,75	1,011	1,47	1,90	2,62	2,94	
1,66	2,76	3,76	5,51	6,29	1,32	2,10	2,80	4,05	4,61	0,96	1,40	1,82	2,54	2,86	
1,58	2,64	3,60	5,34	6,11	1,25	2,00	2,69	3,92	4,47	0,90	1,34	1,74	2,45	2,77	
1,51	2,53	3,48	5,18	5,94	1,19	1,92	2,60	3,80	4,34	0,86	1,28	1,67	2,37	2,68	
1,39	2,34	3,23	4,88	5,62	1,09	1,77	2,42	3,58	4,11	0,79	1,18	1,56	2,23	2,55	
1,30	2,19	3,04	4,62	5,35	1,02	1,66	2,27	3,39	3,91	0,74	1,11	1,46	2,11	2,42	
1,22	2,08	2,90	4,42	5,13	0,96	1,57	2,16	3,24	3,75	0,70	1,05	1,39	2,02	2,31	
Диаметр спутника $d_{\text{сп}} = 0,057 \text{ м}$															
1,69	2,61	3,33	4,40	4,80	1,34	1,99	2,50	3,26	3,54	0,97	1,34	1,63	2,07	2,24	
1,68	2,61	3,35	4,49	4,92	1,34	1,99	2,52	3,32	3,63	0,96	1,34	1,65	2,11	2,28	
1,62	2,57	3,35	4,59	5,09	1,28	1,95	2,51	3,39	3,74	0,94	1,32	1,64	2,14	2,34	
1,59	2,53	3,33	4,63	5,13	1,26	1,93	2,49	3,40	3,77	0,90	1,30	1,63	2,14	2,36	
1,49	2,42	3,26	4,57	5,13	1,18	1,83	2,42	3,36	3,76	0,85	1,23	1,57	2,11	2,34	
1,39	2,28	3,08	4,44	5,02	1,09	1,74	2,30	3,27	3,69	0,79	1,16	1,49	2,05	2,29	
1,31	2,18	2,95	4,31	4,90	1,03	1,65	2,20	3,17	3,60	0,75	1,10	1,43	1,99	2,23	
1,25	2,08	2,84	4,18	4,77	0,98	1,57	2,12	3,07	3,50	0,71	1,05	1,36	1,92	2,17	
1,19	2,00	2,73	4,06	4,65	0,94	1,51	2,04	2,98	3,41	0,67	1,01	1,31	1,86	2,11	
1,14	1,92	2,64	3,95	4,54	0,90	1,45	1,97	2,90	3,32	0,65	0,97	1,27	1,81	2,05	
1,06	1,79	2,48	3,73	4,32	0,83	1,35	1,85	2,74	3,16	0,60	0,90	1,19	1,70	1,94	
0,99	1,68	2,34	3,55	4,11	0,78	1,27	1,75	2,61	3,01	0,57	0,85	1,13	1,63	1,86	
0,94	1,60	2,23	3,41	3,96	0,74	1,21	1,67	2,50	2,89	0,53	0,81	1,07	1,56	1,79	

Расчетный коэффициент теплопроводности в конструкции

$d_{сп} \cdot 10^3, м$	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 $d_{сп} = 0,025 м$															
$R_3, м \cdot град/Вт$															
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	0,91	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 $d_{сп} = 0,045 м$															
45	4,45	6,85	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	9,69	10,76	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	6,94	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	1,91	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	0,85	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  $R_3$

$\lambda_{из}, Вт/м \cdot град (\lambda_{из} \cdot 1,16 \text{ ккал}/м \cdot ч \cdot град)$															
0,058					0,081					0,14					
$d_{из} \cdot 10^3, м$															
20	40	60	100	120	20	40	60	100	120	20	40	60	100	120	
Диаметр спутника $d_{сп} = 0,032 м$															
$(R_3 = 0,86 м \cdot ч \cdot град/ккал)$															
3,97	6,12	7,69	9,94	10,81	2,91	4,42	5,53	7,13	7,74	1,82	2,66	3,29	4,20	4,55	
3,03	4,79	6,11	8,04	8,79	2,22	3,47	4,40	5,77	6,30	1,39	2,08	2,61	3,40	3,71	
1,84	3,04	3,99	5,44	6,04	1,35	2,20	2,88	3,90	4,32	0,85	1,32	1,71	2,31	2,49	
1,48	2,49	3,31	4,60	5,13	1,09	1,81	2,39	3,30	3,67	0,65	1,09	1,43	1,94	2,15	
0,96	1,68	2,29	3,28	3,69	0,71	1,22	1,65	2,35	2,65	0,46	0,74	0,98	1,39	1,57	
0,68	1,21	1,68	2,46	2,80	0,50	0,88	1,21	1,77	2,00	0,32	0,53	0,72	1,05	1,18	
0,54	0,97	1,35	2,01	2,31	0,40	0,71	0,97	1,45	1,65	0,25	0,42	0,59	0,85	0,97	
0,45	0,81	1,14	1,71	1,97	0,33	0,59	0,83	1,23	1,42	0,21	0,36	0,49	0,73	0,84	
0,38	0,70	0,98	1,50	1,72	0,28	0,50	0,71	1,06	1,23	0,18	0,31	0,42	0,63	0,72	
0,33	0,61	0,87	1,33	1,54	0,25	0,45	0,63	0,96	1,10	0,16	0,28	0,38	0,57	0,66	
0,27	0,49	0,70	1,08	1,26	0,19	0,35	0,51	0,78	0,90	0,12	0,22	0,30	0,46	0,53	
0,22	0,40	0,59	0,91	1,07	0,16	0,29	0,42	0,67	0,77	0,10	0,19	0,25	0,39	0,46	
0,19	0,35	0,50	0,80	0,94	0,14	0,26	0,37	0,58	0,67	0,09	0,16	0,22	0,34	0,40	

Диаметр спутника $d_{сп} = 0,057 м$															
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	

Зависимость толщины  
термического сопротивления  
температуры воздуха в пространстве, ограниченном

		Движущийся продукт - один спутник											
		Безразмерная температура											
		0,1			0,2			0,3			0,4		
$d_{\text{сп}} \cdot 10^3, \text{ м}$	$d_{\text{пр}} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\delta_{\text{воз}} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_0$	$K_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$\delta_{\text{воз}} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_0$	$K_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$\delta_{\text{воз}} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_0$	$K_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$\delta_{\text{воз}} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_0$	$K_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	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  $\delta_{\text{из}}$ , удельного  
теплоотдачи  $K_1$  и безразмерной  
изоляция,  $\psi_0$  от диаметров продуктопровода и спутника

		с температурой $t_{\text{сп}} = 85^\circ\text{C}$											
		продуктопровода $\psi_{\text{пр}}$											
		0,5			0,6			0,7			0,8		
$d_{\text{сп}} \cdot 10^3, \text{ м}$	$d_{\text{пр}} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\delta_{\text{из}} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_0$	$K_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$\delta_{\text{из}} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_0$	$K_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$\delta_{\text{из}} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_0$	$K_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$\delta_{\text{из}} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_0$	$K_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	15	0,67	0,63	34	0,73	0,67	84	0,79	0,71	-	-	-	-
	16	-	-	20	0,76	0,40	43	0,82	0,43	141	0,87	0,46	-
	17	-	-	10	0,80	0,20	22	0,85	0,21	56	0,90	0,22	-
	18	-	-	-	-	-	14	0,87	0,13	36	0,91	0,14	-
21	15	0,67	0,63	41	0,73	0,67	98	0,79	0,71	-	-	-	-
	16	0,71	0,38	23	0,76	0,40	51	0,82	0,43	161	0,87	0,46	-
	17	-	-	11	0,81	0,20	23	0,86	0,21	56	0,90	0,22	-
	18	-	-	-	-	-	17	0,87	0,13	41	0,91	0,14	-
31	15	0,66	0,63	57	0,72	0,67	132	0,79	0,71	-	-	-	-
	16	0,70	0,38	33	0,76	0,40	69	0,81	0,43	-	-	-	-
	17	-	-	16	0,81	0,20	31	0,86	0,21	75	0,9	0,22	-
	18	-	-	12	0,84	0,12	24	0,87	0,13	54	0,91	0,14	-
35	15	0,65	0,63	66	0,72	0,67	151	0,79	0,71	-	-	-	-
	16	0,70	0,38	39	0,75	0,40	80	0,81	0,43	-	-	-	-
	17	0,77	0,16	19	0,81	0,20	36	0,85	0,21	85	0,90	0,22	-
	18	-	-	15	0,83	0,12	22	0,80	0,13	62	0,91	0,14	-
49	15	0,65	0,63	91	0,71	0,67	-	-	-	-	-	-	-
	16	0,69	0,38	53	0,75	0,40	106	0,81	0,43	-	-	-	-
	17	0,76	0,16	26	0,80	0,20	48	0,85	0,21	110	0,90	0,22	-
	18	0,79	0,11	20	0,87	0,12	37	0,87	0,13	81	0,91	0,14	-
64	15	0,73	0,63	71	0,78	0,67	-	-	-	-	-	-	-
	16	0,68	0,38	69	0,74	0,40	136	0,80	0,43	-	-	-	-
	17	0,75	0,16	34	0,80	0,20	62	0,84	0,21	137	0,89	0,22	-
	18	0,78	0,11	26	0,82	0,12	47	0,86	0,13	100	0,91	0,14	-

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
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	2I	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	4I	0,59	0,35
	45	-	-	-	-	-	-	I2	0,63	0,15	2I	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	2I	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	-	-	-	2I	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	2I	22	23	24	25	26
77	0,63	0,63	I4I	0,70	0,67	-	-	-	-	-	-
47	0,67	0,38	83	0,73	0,40	I6I	0,80	0,43	-	-	-
24	0,74	0,16	4I	0,80	0,20	73	0,84	0,2I	I6I	0,89	0,22
I9	0,76	0,1I	3I	0,82	0,12	56	0,86	0,13	II7	0,90	0,14
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	0,1I	36	0,8I	0,12	64	0,85	0,13	I32	0,90	0,14
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	0,1I	4I	0,8I	0,12	7I	0,85	0,13	I48	0,90	0,14
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	0,1I	44	0,80	0,12	78	0,85	0,13	I6I	0,90	0,14
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	0,1I	53	0,80	0,12	92	0,84	0,13	-	-	-
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	0,1I	6I	0,79	0,12	I05	0,84	0,13	-	-	-
I80	0,60	0,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II0	0,63	0,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	0,69	0,16	99	0,75	0,20	-	-	-	-	-	-
42	0,74	0,1I	68	0,78	0,12	II7	0,83	0,13	-	-	-



I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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	30
	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	19
	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	0,11
-	-	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	0,11
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	0,11
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	114	0,86	0,11
0,73	0,05	23	0,78	0,06	40	0,83	0,06	78	0,88	0,07
0,57	0,32	113	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	0,11
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	0,11
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			
$d_{amp} \cdot 10^3, \text{ м}$	$d_{con} \cdot 10^3, \text{ м}$	$d_{ог} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi$	$R_{11}, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{ог} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi$	$R_{11}, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{ог} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi$	$R_{11}, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{ог} \cdot 10^3, \text{ м}$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
45	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	25	-	-	-	-	-	-	11	0,61	0,58	21
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
89	25	-	-	-	-	-	-	16	0,60	0,58	30
	32	-	-	-	-	-	-	10	0,65	0,34	19
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108	25	-	-	-	10	0,53	0,54	19	0,59	0,58	35
	32	-	-	-	-	-	-	12	0,64	0,34	22
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
159	25	-	-	-	15	0,52	0,54	28	0,56	0,58	49
	32	-	-	-	10	0,58	0,33	17	0,63	0,34	30
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
219	25	10	0,44	0,51	20	0,50	0,54	36	0,57	0,58	63
	32	-	-	-	13	0,55	0,33	23	0,62	0,34	40
	45	-	-	-	-	-	-	12	0,71	0,15	20
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16
273	25	12	0,43	0,51	25	0,49	0,54	44	0,56	0,58	77
	32	-	-	-	16	0,55	0,33	28	0,61	0,34	47
	45	-	-	-	-	-	-	14	0,70	0,15	24
	57	-	-	-	-	-	-	11	0,74	0,10	19

- один спутник с температурой  $t_{оп} = 110^\circ\text{C}$

температура продуктопровода $\varphi$ $^{\circ}\text{C}$											
0,5			0,6			0,7			0,8		
$\varphi$	$R_{11}, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{ог} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi$	$R_{11}, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{ог} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi$	$R_{11}, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{ог} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi$	$R_{11}, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{ог} \cdot 10^3, \text{ м}$
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	23
0,67	0,62	34	0,73	0,67	84	0,79	0,72	-	-	-	-
-	-	20	0,76	0,40	44	0,82	0,43	144	0,87	0,46	-
-	-	10	0,80	0,20	22	0,85	0,21	57	0,90	0,23	-
-	-	-	-	-	14	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	112	0,81	0,20	23	0,85	0,21	58	0,90	0,23	-
-	-	-	-	-	18	0,87	0,13	42	0,91	0,14	-
0,66	0,62	58	0,72	0,67	134	0,79	0,72	-	-	-	-
0,70	0,37	34	0,76	0,40	71	0,81	0,43	-	-	-	-
-	-	17	0,81	0,20	32	0,86	0,21	77	0,90	0,23	-
-	-	13	0,84	0,12	25	0,87	0,13	56	0,91	0,14	-
0,66	0,62	67	0,72	0,67	153	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	-
-	-	15	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	107	0,80	0,43	-	-	-	-
0,76	0,16	27	0,80	0,20	49	0,85	0,21	112	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	117	0,70	0,67	-	-	-	-	-	-	-
0,68	0,37	70	0,74	0,40	137	0,80	0,43	-	-	-	-
0,75	0,16	35	0,80	0,20	63	0,84	0,21	139	0,89	0,23	-
0,78	0,11	27	0,82	0,12	43	0,86	0,13	101	0,90	0,14	-
0,63	0,62	141	0,70	0,67	-	-	-	-	-	-	-
0,67	0,37	81	0,73	0,40	162	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	118	0,90	0,14	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
325	25	15	0,42	0,51	29	0,49	0,54	52	0,55	0,58	89
	32	-	-	-	18	0,54	0,33	33	0,60	0,34	55
	45	-	-	-	10	0,65	0,14	17	0,69	0,15	27
	57	-	-	-	-	-	-	13	0,73	0,10	22
377	25	17	0,41	0,51	33	0,48	0,54	59	0,55	0,58	101
	32	11	0,47	0,30	21	0,54	0,33	37	0,60	0,34	62
	45	-	-	-	12	0,62	0,14	21	0,67	0,15	35
	57	-	-	-	-	-	-	14	0,73	0,10	24
426	25	19	0,40	0,51	37	0,47	0,54	66	0,54	0,58	112
	32	12	0,47	0,30	24	0,53	0,33	41	0,59	0,34	70
	45	-	-	-	12	0,63	0,14	19	0,71	0,15	30
	57	-	-	-	-	-	-	14	0,77	0,10	24
529	25	19	0,43	0,51	37	0,49	0,54	67	0,56	0,58	116
	32	12	0,50	0,30	24	0,56	0,33	42	0,61	0,34	71
	45	-	-	-	12	0,67	0,14	22	0,71	0,15	36
	57	-	-	-	10	0,72	0,10	17	0,75	0,10	28
630	25	23	0,42	0,51	45	0,48	0,54	80	0,55	0,58	137
	32	14	0,49	0,30	28	0,54	0,33	50	0,60	0,34	84
	45	-	-	-	14	0,66	0,14	25	0,70	0,15	42
	57	-	-	-	11	0,71	0,10	19	0,74	0,10	33
720	25	32	0,38	0,51	60	0,45	0,54	104	0,52	0,58	-
	32	20	0,43	0,30	38	0,50	0,33	65	0,57	0,34	109
	45	11	0,53	0,15	21	0,58	0,14	37	0,64	0,15	60
	57	-	-	-	15	0,65	0,10	26	0,69	0,10	42

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0,62	0,62	163	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	0,21	-	-	-
0,77	0,11	37	0,81	0,12	64	0,85	0,13	134	0,90	0,14
0,62	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,66	0,37	108	0,72	0,40	-	-	-	-	-	-
0,72	0,16	59	0,77	0,20	106	0,82	0,21	-	-	-
0,77	0,11	41	0,81	0,12	71	0,85	0,13	149	0,90	0,14
0,61	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,65	0,37	120	0,72	0,40	-	-	-	-	-	-
0,76	0,16	50	0,80	0,20	89	0,84	0,21	-	-	-
0,80	0,11	39	0,83	0,12	69	0,87	0,13	141	0,90	0,14
0,62	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,67	0,37	124	0,73	0,40	-	-	-	-	-	-
0,75	0,16	60	0,79	0,20	106	0,84	0,21	-	-	-
0,79	0,11	47	0,82	0,12	81	0,86	0,13	-	-	-
0,61	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,66	0,37	144	0,72	0,40	-	-	-	-	-	-
0,74	0,16	70	0,78	0,20	123	0,83	0,21	-	-	-
0,78	0,11	54	0,81	0,12	33	0,85	0,13	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,63	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,69	0,16	99	0,75	0,20	-	-	-	-	-	-
0,74	0,11	68	0,79	0,12	118	0,83	0,13	-	-	-

I	$d_{оп} \cdot 10^3, м$	$d_{ср} \cdot 10^3, м$	Движущийся продукт								
			Безразмерная								
			0,2			0,3			0,4		
			$d_{из} \cdot 10^3, м$	$\psi_6$	$R_1, \frac{м \cdot град}{вм}$	$d_{из} \cdot 10^3, м$	$\psi_6$	$R_1, \frac{м \cdot град}{вм}$	$d_{из} \cdot 10^3, м$	$\psi_6$	$R_1, \frac{м \cdot град}{вм}$
3	4	5	6	7	8	9	10	11			
45	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
57	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
89	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
108	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
159	25	-	-	-	-	-	11	0,58	0,29	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
219	25	-	-	-	-	-	15	0,56	0,29	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
273	25	-	-	-	-	-	18	0,55	0,29	-	
	32	-	-	-	-	-	12	0,60	0,17	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

- два спутника с температурой  $t_{сд} = 110^\circ\text{C}$

температура продуктопровода  $\varphi_{тр}$

I2	$d_{оп} \cdot 10^3, м$	$d_{ср} \cdot 10^3, м$	Движущийся продукт											
			Безразмерная											
			0,5			0,6			0,7			0,8		
			$d_{из} \cdot 10^3, м$	$\psi_6$	$R_1, \frac{м \cdot град}{вм}$	$d_{из} \cdot 10^3, м$	$\psi_6$	$R_1, \frac{м \cdot град}{вм}$	$d_{из} \cdot 10^3, м$	$\psi_6$	$R_1, \frac{м \cdot град}{вм}$	$d_{из} \cdot 10^3, м$	$\psi_6$	$R_1, \frac{м \cdot град}{вм}$
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
45	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
57	25	-	-	-	17	0,75	0,34	35	0,80	0,36	102	0,87	0,40	
	32	-	-	-	10	0,79	0,20	22	0,83	0,22	55	0,88	0,25	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
89	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
108	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
159	25	0,68	0,31	24	0,73	0,34	48	0,80	0,36	131	0,86	0,40		
	32	-	-	15	0,77	0,20	29	0,82	0,22	71	0,88	0,28		
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
219	25	0,67	0,31	27	0,73	0,34	55	0,79	0,36	147	0,86	0,40		
	32	-	-	17	0,77	0,20	34	0,82	0,22	80	0,88	0,23		
	45	-	-	-	-	-	19	0,86	0,10	43	0,90	0,11		
	57	-	-	-	-	-	14	0,89	0,06	30	0,92	0,07		
273	25	0,65	0,31	37	0,71	0,34	12	0,78	0,36	-	-	-	-	
	32	0,70	0,19	23	0,75	0,20	43	0,81	0,22	101	0,87	0,23		
	45	-	-	13	0,81	0,10	25	0,85	0,10	54	0,90	0,11		
	57	-	-	-	-	-	18	0,88	0,06	38	0,91	0,07		
45	25	0,63	0,31	47	0,70	0,34	91	0,77	0,36	-	-	-	-	
	32	0,68	0,19	30	0,73	0,20	55	0,80	0,22	124	0,86	0,23		
	45	-	-	17	0,79	0,10	31	0,84	0,10	65	0,89	0,11		
	57	-	-	12	0,83	0,06	22	0,87	0,06	46	0,91	0,07		
57	25	0,62	0,31	56	0,69	0,34	107	0,76	0,36	-	-	-	-	
	32	0,66	0,19	35	0,72	0,20	65	0,79	0,22	144	0,86	0,23		
	45	0,73	0,10	20	0,78	0,10	36	0,83	0,10	75	0,88	0,11		
	57	-	-	14	0,82	0,06	26	0,86	0,06	52	0,90	0,07		

I	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	100	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	116	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	113	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	-	-	-

ДВИЖУЩИЙСЯ ПРОДУКТ -

I	$d_{mp} \cdot 10^3, \text{ м}$	$d_{cm} \cdot 10^3, \text{ м}$	Безразмерная								
			0,2			0,3			0,4		
			$d_{us} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_6$	$R_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{us} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_6$	$R_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{us} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_6$	$R_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
45	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
57	25	-	-	-	-	-	-	II	0,60	0,59	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
89	25	-	-	-	-	-	-	I6	0,60	0,59	
	32	-	-	-	-	-	-	I0	0,65	0,35	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
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	0,59	
	32	-	-	-	I0	0,58	0,33	I8	0,63	0,35	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
219	25	I0	0,44	0,51	21	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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Продолжение прил. 10

Таблица 5

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

I2	температура продуктопровода $\psi_{тр}$											
	0,5			0,6			0,7			0,8		
	$d_{us} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_6$	$R_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{us} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_6$	$R_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{us} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_6$	$R_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{us} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_6$	$R_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
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	
-	-	-	I0	0,80	0,20	22	0,85	0,22	59	0,89	0,24	
-	-	-	-	-	-	I5	0,87	0,13	37	0,91	0,15	
21	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	
31	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	I61	0,78	0,75	-	-	-	
22	0,70	0,38	41	0,75	0,40	84	0,81	0,45	-	-	-	
11	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	-	-	-	-	-	-	
31	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	116	0,89	0,24	
I2	0,79	0,11	21	0,82	0,12	38	0,86	0,13	84	0,91	0,15	
65	0,63	0,64	I21	0,70	0,69	-	-	-	-	-	-	
40	0,68	0,38	71	0,73	0,40	I42	0,80	0,45	-	-	-	
21	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	11
273	25	I3	0,42	0,51	25	0,50	0,54	45	0,56	0,59
	32	-	-	-	16	0,55	0,33	22	0,61	0,35
	45	-	-	-	-	-	-	15	0,70	0,15
	57	-	-	-	-	-	-	11	0,74	0,10
325	25	I5	0,42	0,51	29	0,49	0,54	52	0,55	0,59
	32	I0	0,48	0,30	19	0,54	0,33	33	0,60	0,35
	45	-	-	-	10	0,65	0,14	17	0,69	0,15
	57	-	-	-	-	-	-	13	0,73	0,10
377	25	I7	0,41	0,51	33	0,48	0,54	59	0,55	0,59
	32	II	0,48	0,30	21	0,54	0,33	37	0,60	0,35
	45	-	-	-	12	0,62	0,14	21	0,67	0,15
	57	-	-	-	-	-	-	15	0,72	0,10
426	25	20	0,40	0,51	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	-	-	-	12	0,63	0,14	22	0,68	0,15
	57	-	-	-	10	0,68	0,10	17	0,72	0,10
529	25	24	0,39	0,51	46	0,46	0,54	80	0,54	0,59
	32	I5	0,46	0,30	29	0,52	0,33	51	0,58	0,35
	45	-	-	-	15	0,62	0,14	26	0,67	0,15
	57	-	-	-	12	0,67	0,10	20	0,71	0,10
630	25	22	0,38	0,51	54	0,46	0,54	93	0,53	0,59
	32	I8	0,44	0,30	34	0,51	0,33	58	0,50	0,35
	45	-	-	-	18	0,61	0,14	30	0,66	0,15
	57	-	-	-	14	0,66	0,10	23	0,70	0,10
720	25	31	0,38	0,51	60	0,45	0,54	105	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	21	0,58	0,14	37	0,64	0,15
	57	-	-	-	15	0,65	0,10	26	0,69	0,10

I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	20	21	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	-	-	-
11	0,77	0,11	32	0,81	0,12	57	0,86	0,13	I22	0,90	0,15
91	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	0,11	37	0,81	0,12	65	0,85	0,13	I38	0,90	0,15
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	0,11	41	0,80	0,12	73	0,85	0,13	I53	0,89	0,15
115	0,61	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-
71	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	0,11	46	0,80	0,12	80	0,84	0,13	-	-	-
I38	0,61	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85	0,64	0,38	I47	0,71	0,40	-	-	-	-	-	-
43	0,72	0,16	71	0,77	0,20	I26	0,82	0,22	-	-	-
33	0,75	0,11	54	0,79	0,12	95	0,84	0,13	-	-	-
I61	0,60	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-
96	0,64	0,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-
49	0,71	0,16	82	0,76	0,20	I45	0,82	0,22	-	-	-
38	0,74	0,11	62	0,79	0,12	I08	0,84	0,13	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
110	0,63	0,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-
61	0,69	0,16	I01	0,75	0,20	-	-	-	-	-	-
42	0,74	0,11	69	0,78	0,12	I20	0,83	0,13	-	-	-



Продолжение прил. 10

Продолжение табл. 6

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
278	25	—	—	—	—	—	—	18	0,54	0,29
	32	—	—	—	—	—	—	11	0,60	0,17
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
825	25	—	—	—	12	0,46	0,28	22	0,58	0,29
	32	—	—	—	—	—	—	14	0,59	0,17
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
877	25	—	—	—	14	0,45	0,28	25	0,52	0,29
	32	—	—	—	—	—	—	16	0,57	0,17
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
426	25	—	—	—	15	0,44	0,28	28	0,51	0,29
	32	—	—	—	—	—	—	17	0,56	0,17
	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
529	25	—	—	—	18	0,42	0,28	33	0,50	0,29
	32	—	—	—	11	0,48	0,16	21	0,55	0,17
	45	—	—	—	—	—	—	11	0,68	0,09
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
680	25	11	0,33	0,25	22	0,41	0,28	39	0,49	0,29
	32	—	—	—	18	0,46	0,16	24	0,53	0,17
	45	—	—	—	—	—	—	18	0,61	0,09
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—
720	25	—	—	—	25	0,40	0,28	45	0,48	0,29
	32	—	—	—	—	—	—	27	0,52	0,17
	45	—	—	—	—	—	—	15	0,60	0,09
	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
82	0,61	0,82	58	0,68	0,84	111	0,76	0,37	—	—	—
89	0,66	0,19	86	0,72	0,21	66	0,79	0,22	149	0,85	0,24
12	0,78	0,10	20	0,78	0,10	37	0,88	0,11	77	0,88	0,12
—	—	—	14	0,82	0,06	26	0,86	0,07	54	0,90	0,07
88	0,60	0,82	66	0,68	0,84	127	0,76	0,37	—	—	—
24	0,65	0,19	41	0,71	0,21	76	0,78	0,22	—	—	—
18	0,72	0,10	28	0,77	0,10	45	0,82	0,11	86	0,88	0,12
—	—	—	16	0,81	0,06	29	0,85	0,07	59	0,90	0,07
48	0,60	0,82	75	0,67	0,84	144	0,75	0,37	—	—	—
27	0,64	0,19	46	0,70	0,21	85	0,77	0,22	—	—	—
15	0,71	0,10	26	0,76	0,10	46	0,81	0,11	95	0,87	0,12
10	0,76	0,06	18	0,80	0,06	32	0,84	0,07	65	0,89	0,07
48	0,59	0,82	88	0,67	0,84	158	0,75	0,37	—	—	—
80	0,68	0,19	51	0,69	0,21	93	0,77	0,22	—	—	—
17	0,70	0,10	28	0,75	0,10	50	0,81	0,11	103	0,87	0,12
11	0,75	0,06	20	0,79	0,06	35	0,84	0,07	70	0,89	0,07
57	0,58	0,82	99	0,66	0,84	—	—	—	—	—	—
86	0,62	0,19	61	0,69	0,21	110	0,76	0,22	—	—	—
20	0,68	0,10	33	0,74	0,10	59	0,80	0,11	120	0,86	0,12
13	0,78	0,06	23	0,78	0,06	41	0,83	0,07	81	0,88	0,07
67	0,57	0,82	116	0,65	0,84	—	—	—	—	—	—
41	0,60	0,19	70	0,67	0,21	126	0,75	0,22	—	—	—
22	0,67	0,10	38	0,78	0,10	67	0,79	0,11	136	0,85	0,12
15	0,72	0,06	26	0,77	0,06	46	0,82	0,07	91	0,88	0,07
75	0,56	0,82	130	0,68	0,84	—	—	—	—	—	—
46	0,60	0,19	78	0,67	0,21	141	0,75	0,22	—	—	—
25	0,66	0,10	42	0,72	0,10	74	0,78	0,11	150	0,85	0,12
17	0,71	0,06	29	0,76	0,06	50	0,81	0,07	99	0,87	0,07

I	Движущийся продукт										
	Безразмерная температура										
	0,2			0,3			0,4				
	$d_{до} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_6$	$R_{1, \text{ м.град}} / \text{Вм}$	$d_{до} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_6$	$R_{1, \text{ м.град}} / \text{Вм}$	$d_{до} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_6$	$R_{1, \text{ м.град}} / \text{Вм}$	$d_{до} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_6$
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	II	0,60	0,60		
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	17	0,59	0,60		
32	-	-	-	-	-	-	10	0,65	0,36		
45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	10	0,53	0,56	20	0,59	0,60		
32	-	-	-	-	-	-	12	0,64	0,36		
45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	15	0,52	0,56	28	0,58	0,60		
32	-	-	-	-	-	-	18	0,63	0,36		
45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	20	0,50	0,56	37	0,57	0,60		
32	-	-	-	13	0,56	0,34	23	0,62	0,36		
45	-	-	-	-	-	-	12	0,71	0,16		
57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

один спутник с температурой $t_{оп} = 160^\circ$											
продуктопровода $\psi_{пр}$											
0,5			0,6			0,7			0,8		
$d_{до} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_6$	$R_{1, \text{ м.град}} / \text{Вм}$	$d_{до} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_6$	$R_{1, \text{ м.град}} / \text{Вм}$	$d_{до} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_6$	$R_{1, \text{ м.град}} / \text{Вм}$	$d_{до} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\psi_6$	$R_{1, \text{ м.град}} / \text{Вм}$
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
18	0,66	0,66	37	0,72	0,72	97	0,79	0,79	-	-	-
10	0,70	0,40	21	0,75	0,43	48	0,81	0,47	-	-	-
-	-	-	11	0,80	0,20	23	0,84	0,23	63	0,89	0,26
-	-	-	-	-	-	15	0,86	0,14	39	0,90	0,16
21	0,66	0,66	44	0,72	0,72	111	0,79	0,79	-	-	-
13	0,70	0,40	25	0,75	0,43	56	0,81	0,47	-	-	-
-	-	-	12	0,81	0,20	24	0,85	0,23	63	0,90	0,26
-	-	-	-	-	-	18	0,87	0,14	45	0,91	0,16
31	0,65	0,66	62	0,72	0,72	150	0,78	0,79	-	-	-
19	0,70	0,40	36	0,75	0,43	76	0,81	0,47	-	-	-
-	-	-	17	0,81	0,20	34	0,85	0,23	88	0,90	0,26
-	-	-	13	0,83	0,13	25	0,87	0,14	59	0,91	0,16
37	0,67	0,66	72	0,71	0,72	-	-	-	-	-	-
22	0,69	0,40	42	0,75	0,43	98	0,81	0,47	-	-	-
11	0,77	0,16	20	0,80	0,20	39	0,85	0,23	93	0,89	0,26
-	-	-	15	0,83	0,13	29	0,86	0,14	67	0,91	0,16
51	0,64	0,66	98	0,71	0,72	-	-	-	-	-	-
31	0,68	0,40	57	0,74	0,43	116	0,80	0,47	-	-	-
16	0,76	0,16	27	0,80	0,20	52	0,84	0,23	121	0,89	0,26
12	0,79	0,12	21	0,82	0,13	39	0,86	0,14	87	0,90	0,16
67	0,63	0,66	126	0,70	0,72	-	-	-	-	-	-
41	0,67	0,40	73	0,73	0,43	149	0,79	0,47	-	-	-
21	0,75	0,16	36	0,79	0,20	66	0,84	0,23	151	0,89	0,26
16	0,78	0,12	27	0,82	0,13	50	0,86	0,14	108	0,90	0,16

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
278	25	12	0,48	0,52	25	0,49	0,56	45	0,56	0,60
	32	-	-	-	16	0,55	0,84	29	0,61	0,36
	45	-	-	-	-	-	-	14	0,70	0,16
	57	-	-	-	-	-	-	11	0,74	0,10
825	25	15	0,42	0,52	30	0,48	0,56	58	0,55	0,60
	32	-	-	-	19	0,54	0,84	38	0,60	0,36
	45	-	-	-	-	-	-	17	0,69	0,16
	57	-	-	-	-	-	-	13	0,73	0,10
877	25	17	0,41	0,52	34	0,48	0,56	61	0,54	0,60
	32	11	0,47	0,8	22	0,58	0,84	38	0,59	0,36
	45	-	-	-	12	0,62	0,16	21	0,67	0,16
	57	-	-	-	-	-	-	15	0,82	0,10
426	25	19	0,40	0,52	38	0,47	0,56	67	0,54	0,60
	32	12	0,47	0,81	24	0,58	0,84	42	0,59	0,36
	45	-	-	-	12	0,63	0,16	21	0,68	0,16
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
529	25	-	-	-	-	-	-	27	0,55	0,60
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
690	25	-	-	-	-	-	-	42	0,54	0,60
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
720	25	32	0,37	0,52	61	0,45	0,56	108	0,52	0,60
	32	20	0,48	0,81	39	0,50	0,84	68	0,58	0,36
	45	11	0,58	0,15	22	0,58	0,16	38	0,63	0,16
	57	-	-	-	15	0,64	0,10	26	0,69	0,10

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
81	0,63	0,66	152	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	0,23	-	-	-
19	0,77	0,12	33	0,81	0,13	59	0,85	0,14	-	-	-
94	0,62	0,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	0,66	0,40	102	0,72	0,43	-	-	-	-	-	-
29	0,73	0,16	49	0,78	0,20	89	0,83	0,23	-	-	-
22	0,76	0,12	37	0,81	0,13	67	0,85	0,14	148	0,89	0,16
107	0,61	0,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65	0,65	0,40	116	0,72	0,43	-	-	-	-	-	-
36	0,71	0,16	62	0,76	0,20	113	0,82	0,27	-	-	-
25	0,76	0,12	42	0,80	0,13	76	0,84	0,14	161	0,89	0,16
118	0,61	0,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72	0,65	0,40	127	0,71	0,43	-	-	-	-	-	-
36	0,72	0,16	53	0,79	0,20	52	0,83	0,23	-	-	-
-	-	-	-	-	-	57	0,86	0,14	113	0,90	0,16
85	0,61	0,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
82	0,65	0,40	94	0,71	0,43	23	0,78	0,47	-	-	-
-	-	-	19	0,78	0,20	73	0,83	0,23	-	-	-
-	-	-	-	-	-	45	0,85	0,14	144	0,89	0,16
110	0,61	0,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	0,65	0,40	119	0,71	0,43	-	-	-	-	-	-
-	-	-	31	0,77	0,20	94	0,82	0,23	-	-	-
-	-	-	12	0,80	0,13	58	0,84	0,14	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
114	0,63	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
62	0,69	0,16	105	0,74	0,20	-	-	-	-	-	-
43	0,73	0,12	71	0,78	0,13	125	0,83	0,14	-	-	-



	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
278	25	-	-	-	10	0,48	0,28	19	0,54	0,80
	32	-	-	-	-	-	-	12	0,60	0,18
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
325	25	-	-	-	12	0,46	0,28	22	0,58	0,80
	32	-	-	-	-	-	-	14	0,58	0,18
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
377	25	-	-	-	14	0,45	0,28	26	0,52	0,80
	32	-	-	-	-	-	-	16	0,57	0,18
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
426	25	-	-	-	16	0,44	0,28	28	0,51	0,80
	32	-	-	-	-	-	-	18	0,56	0,18
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
529	25	-	-	-	19	0,42	0,28	35	0,50	0,80
	32	-	-	-	12	0,48	0,16	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	12	0,62	0,09
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
630	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	13	0,60	0,09
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
720	25	-	-	-	26	0,40	0,28	46	0,48	0,80
	32	-	-	-	16	0,45	0,16	28	0,52	0,18
	45	-	-	-	-	-	-	15	0,59	0,09
	57	-	-	-	-	-	-	10	0,65	0,05

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
34	0,61	0,33	60	0,68	0,36	117	0,76	0,40	-	-	-	-
21	0,66	0,20	37	0,72	0,22	69	0,78	0,23	159	0,85	0,26	-
12	0,73	0,10	21	0,77	0,10	38	0,82	0,11	81	0,88	0,13	-
-	-	-	15	0,81	0,06	27	0,85	0,07	56	0,90	0,08	-
89	0,60	0,33	69	0,68	0,36	135	0,75	0,40	-	-	-	-
24	0,64	0,20	48	0,71	0,22	79	0,78	0,28	-	-	-	-
14	0,71	0,10	24	0,76	0,10	48	0,82	0,11	91	0,81	0,13	-
-	-	-	17	0,80	0,06	30	0,85	0,07	62	0,89	0,08	-
45	0,59	0,33	79	0,67	0,36	158	0,75	0,40	-	-	-	-
28	0,68	0,20	48	0,70	0,22	89	0,77	0,28	-	-	-	-
15	0,70	0,10	27	0,75	0,10	48	0,81	0,11	100	0,87	0,13	-
11	0,76	0,06	19	0,80	0,06	34	0,84	0,07	68	0,89	0,08	-
49	0,59	0,33	87	0,67	0,36	-	-	-	-	-	-	-
31	0,68	0,20	56	0,70	0,22	97	0,77	0,28	-	-	-	-
17	0,69	0,10	29	0,75	0,10	58	0,80	0,11	109	0,87	0,13	-
12	0,75	0,06	20	0,79	0,06	36	0,83	0,07	73	0,89	0,08	-
59	0,58	0,33	104	0,66	0,36	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	0,68	0,10	34	0,73	0,10	61	0,79	0,11	127	0,86	0,13	-
14	0,73	0,06	24	0,77	0,06	42	0,82	0,07	84	0,88	0,08	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	0,66	0,10	39	0,72	0,10	70	0,79	0,11	144	0,85	0,13	-
16	0,71	0,06	27	0,76	0,06	48	0,82	0,07	55	0,87	0,08	-
-	-	-	137	0,65	0,36	-	-	-	-	-	-	-
48	0,59	0,20	-	-	-	149	0,75	0,28	-	-	-	-
26	0,65	0,10	44	0,71	0,10	77	0,78	0,11	158	0,85	0,13	-
18	0,70	0,06	30	0,75	0,06	52	0,81	0,07	104	0,87	0,08	-

Продолжение прил. 10  
Таблица 9

Движущий продукт - один												
Безразмерная температура												
0,1												
0,2												
0,3												
$d_{mp} \cdot 10^3, \text{ м}$	$d_{cm} \cdot 10^3, \text{ м}$	$d_{as} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi_6$	$R_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{as} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi_6$	$R_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{as} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi_6$	$R_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{as} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi_6$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
45	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	0,60
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
89	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	0,59
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	0,64
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108	25	-	-	-	-	-	-	10	0,58	0,57	20	0,59
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	0,64
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
159	25	-	-	-	-	-	-	15	0,51	0,57	29	0,57
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	0,63
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
219	25	-	-	-	-	-	-	20	0,50	0,57	38	0,56
	32	-	-	-	-	-	-	18	0,56	0,34	24	0,61
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	0,70
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

спутник с температурой $t_{сп} = 180^\circ\text{C}$												
продуктопровода $\varphi$												
0,4												
0,5												
0,6												
0,7												
0,8												
$R_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{as} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi_6$	$R_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{as} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi_6$	$R_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{as} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi_6$	$R_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$	$d_{as} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi_6$	$R_1, \frac{\text{м} \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-	18	0,66	0,68	39	0,72	0,74	102	0,78	0,82	-	-	-
-	11	0,70	0,40	22	0,75	0,44	50	0,81	0,48	-	-	-
-	-	-	-	11	0,79	0,22	24	0,84	0,24	66	0,89	0,27
-	-	-	-	-	-	-	16	0,86	0,15	40	0,90	0,16
0,62	22	0,66	0,68	45	0,72	0,74	118	0,78	0,82	-	-	-
-	15	0,70	0,40	26	0,75	0,44	59	0,81	0,48	-	-	-
-	-	-	-	12	0,80	0,22	25	0,85	0,24	66	0,89	0,27
-	-	-	-	-	-	-	16	0,86	0,15	48	0,90	0,16
0,62	32	0,65	0,68	64	0,71	0,74	-	-	-	-	-	-
0,37	19	0,69	0,40	37	0,75	0,44	78	0,80	0,48	-	-	-
-	-	-	-	17	0,80	0,22	34	0,85	0,24	86	0,89	0,27
-	-	-	-	18	0,83	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	-	-	-
-	11	0,76	0,17	21	0,80	0,22	40	0,84	0,24	97	0,89	0,27
-	-	-	-	16	0,82	0,18	30	0,86	0,15	69	0,90	0,16
0,62	53	0,64	0,68	101	0,70	0,74	-	-	-	-	-	-
0,37	32	0,68	0,40	59	0,74	0,44	121	0,80	0,48	-	-	-
-	16	0,75	0,17	28	0,79	0,22	58	0,84	0,24	125	0,87	0,27
-	12	0,78	0,12	22	0,82	0,18	40	0,86	0,15	90	0,90	0,16
0,62	69	0,63	0,68	132	0,70	0,74	-	-	-	-	-	-
0,37	42	0,67	0,40	76	0,73	0,44	155	0,79	0,48	-	-	-
0,16	20	0,74	0,17	37	0,79	0,22	68	0,83	0,24	151	0,88	0,27
-	16	0,77	0,12	28	0,81	0,18	51	0,85	0,15	111	0,90	0,16

Продолжение прил.10  
Продолжение табл.9

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
273		25	-	-	-	13	0,42	0,53	26	0,49	0,57	47	0,55
		32	-	-	-	-	-	-	16	0,55	0,34	29	0,60
		45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	0,69
		57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	0,73
325		25	-	-	-	15	0,41	0,53	30	0,48	0,57	54	0,55
		32	-	-	-	-	-	-	19	0,54	0,34	34	0,60
		45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	0,68
		57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	0,72
377		25	-	-	-	17	0,41	0,53	35	0,47	0,57	62	0,54
		32	-	-	-	11	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
426		25	-	-	-	20	0,40	0,53	39	0,47	0,57	69	0,54
		32	-	-	-	12	0,46	0,31	25	0,52	0,34	43	0,58
		45	-	-	-	-	-	-	12	0,63	0,16	22	0,57
		57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	0,71
529		25	-	-	-	24	0,39	0,53	47	0,46	0,57	83	0,53
		32	-	-	-	15	0,45	0,31	30	0,51	0,34	52	0,57
		45	-	-	-	-	-	-	15	0,61	0,16	26	0,67
		57	-	-	-	-	-	-	11	0,66	0,10	20	0,70
630		25	10	0,81	0,48	28	0,38	0,53	55	0,45	0,57	98	0,52
		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
729		25	-	-	-	32	0,37	10;53	62	0,44	0,57	110	0,52
		32	-	-	-	20	0,43	0,31	39	0,50	0,34	69	0,56
		45	-	-	-	11	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	0,62	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	-	-	-
	0,11	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	0,78	0,17	50	0,78	0,22	92	0,88	0,24	-	-	-
	0,11	23	0,76	0,12	38	0,80	0,13	69	0,85	0,15	148	0,89	0,35
	0,62	110	0,81	0,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,37	67	0,65	0,40	119	0,71	0,44	-	-	-	-	-	-
	0,16	37	0,71	0,17	63	0,76	0,22	116	0,82	0,24	-	-	-
	0,11	26	0,75	0,12	43	0,80	0,13	77	0,84	0,15	-	-	-
	0,62	122	0,61	0,68	231	0,68	0,74	-	-	-	-	-	-
	0,37	74	0,65	0,40	131	0,71	0,44	-	-	-	-	-	-
	0,16	37	0,72	0,17	62	0,77	0,22	114	0,82	0,24	-	-	-
	0,11	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	-	-	-
	0,11	34	0,74	0,12	57	0,79	0,13	100	0,83	0,15	-	-	-
	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,37	104	0,63	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,16	51	0,70	0,17	86	0,75	0,22	155	0,81	0,24	-	-	-
	0,11	39	0,73	0,12	65	0,78	0,13	115	0,83	0,15	-	-	-
	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,37	117	0,63	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,16	63	0,68	0,17	107	0,74	0,22	-	-	-	-	-	-
	0,11	44	0,73	0,12	72	0,77	0,13	128	0,83	0,15	-	-	-

Двухфазный продукт											
Безразмерная температура											
0,2			0,3			0,4					
$d_{np} \cdot 10^3, \text{ м}$	$d_m \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi_0$	$R_1, \frac{\text{м.град}}{\text{Вт}}$								
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
45	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
89	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
159	25	-	-	-	-	-	12	-	0,58	0,81	-
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
219	25	-	-	-	-	-	-	16	0,55	0,81	-
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

два спутника с температурой $t_{ср} = 180^\circ\text{С}$											
температура продуктопровода $\varphi_{пр}$											
0,5			0,6			0,7			0,8		
$d_{np} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi_0$	$R_1, \frac{\text{м.град}}{\text{Вт}}$	$d_{np} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi_0$	$R_1, \frac{\text{м.град}}{\text{Вт}}$	$d_{np} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi_0$	$R_1, \frac{\text{м.град}}{\text{Вт}}$	$d_{np} \cdot 10^3, \text{ м}$	$\varphi_0$	$R_1, \frac{\text{м.град}}{\text{Вт}}$
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	18	0,74	0,87	-	-	-	125	0,86	0,46
-	-	-	11	0,78	0,22	24	0,82	0,24	64	0,88	0,27
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	0,67	0,34	26	0,73	0,37	55	0,79	0,40	-	-	-
-	-	-	16	0,76	0,22	29	0,83	0,24	82	0,87	0,27
-	-	-	-	-	-	18	0,86	0,12	42	0,90	0,12
-	-	-	-	-	-	18	0,88	0,07	30	0,92	0,08
16	0,66	0,34	30	0,72	0,37	62	0,78	0,40	-	-	-
-	-	-	19	0,76	0,22	33	0,81	0,24	-	-	-
-	-	-	11	0,81	0,11	21	0,85	0,12	47	0,90	0,12
-	-	-	-	-	-	15	0,88	0,07	33	0,91	0,08
22	0,64	0,34	41	0,70	0,37	82	0,77	0,40	-	-	-
14	0,69	0,20	25	0,74	0,22	49	0,80	0,24	117	0,86	0,27
-	-	-	14	0,80	0,11	27	0,84	0,12	60	0,89	0,12
-	-	-	10	0,84	0,07	19	0,87	0,07	41	0,91	0,08
29	0,62	0,34	52	0,69	0,37	104	0,76	0,40	-	-	-
18	0,67	0,20	32	0,73	0,22	61	0,79	0,24	144	0,85	0,27
10	0,74	0,10	18	0,78	0,11	34	0,83	0,12	73	0,88	0,12
-	-	-	-	-	-	24	0,86	0,07	50	0,90	0,08

Продолжение прил. Ю

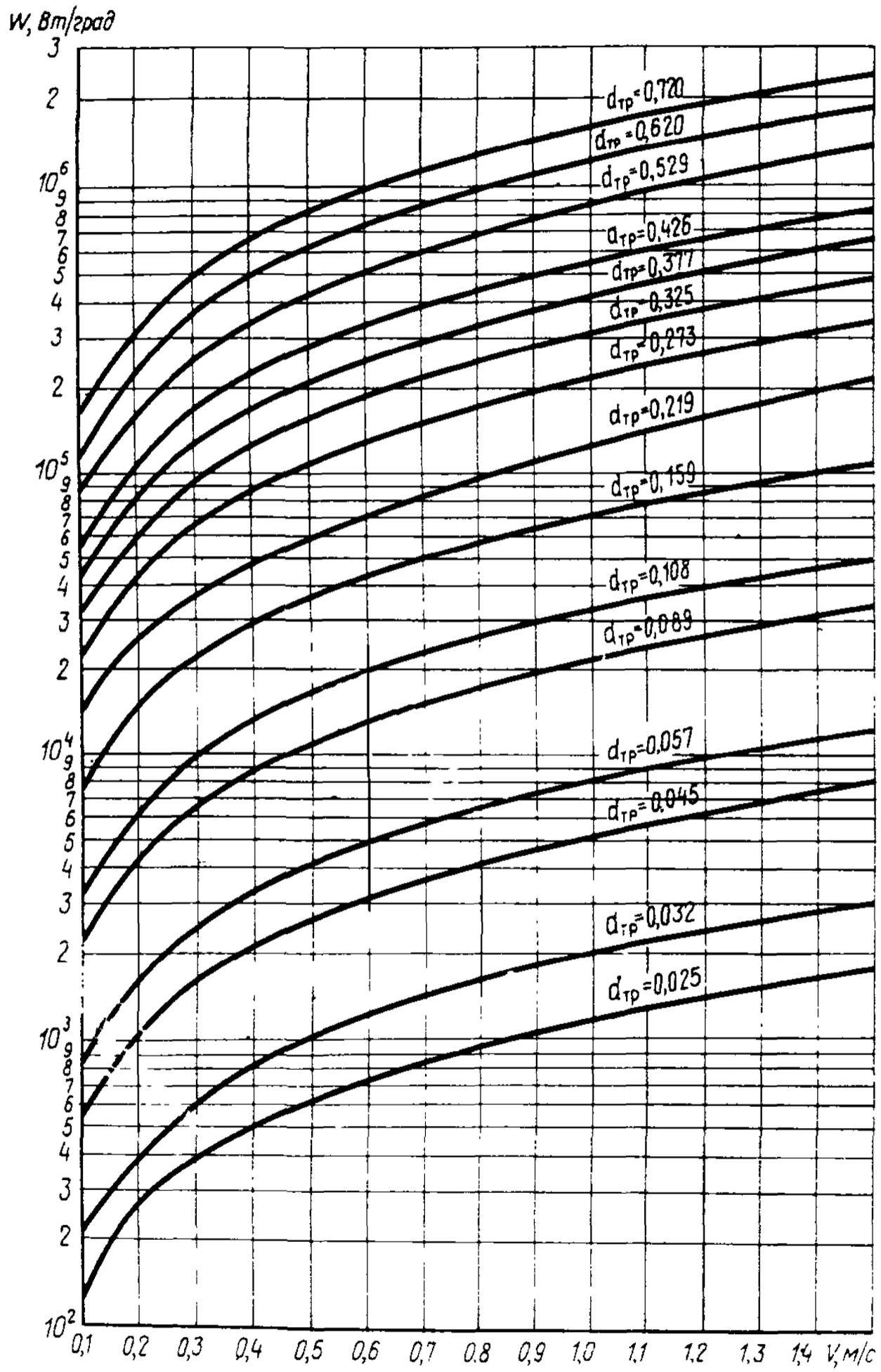
Продолжение табл. Ю

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
278	25	-	-	-	10	0,47	0,28	20	0,54	0,81
	32	-	-	-	-	-	-	12	0,59	0,19
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
325	25	-	-	-	12	0,46	0,28	28	0,58	0,81
	32	-	-	-	-	-	-	14	0,58	0,19
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
377	25	-	-	-	14	0,45	0,28	26	0,52	0,81
	32	-	-	-	-	-	-	15	0,57	0,19
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
426	25	-	-	-	16	0,44	0,28	29	0,51	0,81
	32	-	-	-	-	-	-	18	0,56	0,19
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
529	25	-	-	-	20	0,42	0,28	36	0,50	0,81
	32	-	-	-	12	0,47	0,17	22	0,54	0,19
	45	-	-	-	-	-	-	12	0,62	0,10
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
630	25	11	0,33	0,26	28	0,41	0,28	42	0,49	0,81
	32	-	-	-	14	0,46	0,17	26	0,53	0,19
	45	-	-	-	-	-	-	14	0,60	0,10
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
720	25	-	-	-	26	0,40	0,28	47	0,48	0,81
	32	-	-	-	16	0,44	0,17	29	0,52	0,19
	45	-	-	-	-	-	-	15	0,59	0,10
	57	-	-	-	-	-	-	10	0,65	0,05

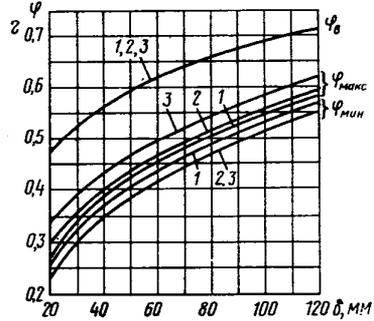
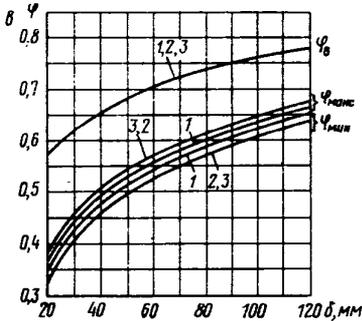
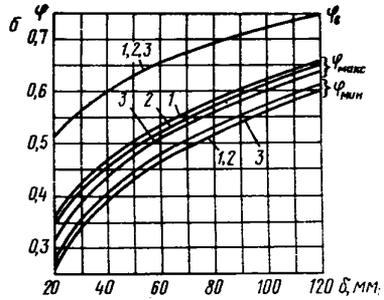
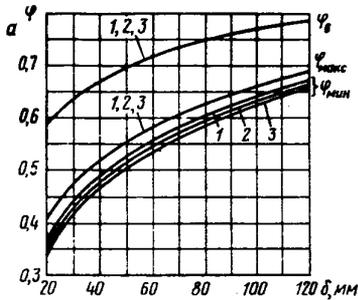
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
85	0,61	0,84	62	0,68	0,37	128	0,76	0,40	-	-	-
22	0,65	0,20	38	0,71	0,22	72	0,78	0,24	-	-	-
12	0,72	0,10	21	0,77	0,11	39	0,82	0,12	84	0,88	0,12
			15	0,81	0,07	28	0,85	0,07	57	0,90	0,08
40	0,60	0,34	72	0,67	0,37	141	0,75	0,40	-	-	-
25	0,64	0,20	44	0,71	0,22	82	0,77	0,24	-	-	-
14	0,71	0,10	24	0,76	0,11	44	0,81	0,12	94	0,87	0,12
			17	0,80	0,07	31	0,84	0,07	64	0,89	0,08
46	0,59	0,84	81	0,67	0,37	159	0,75	0,40	-	-	-
28	0,63	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	0,37	-	-	-
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	0,37	-	-	-
38	0,61	0,20	65	0,68	0,22	120	0,76	0,24	-	-	-
21	0,67	0,10	35	0,73	0,11	63	0,79	0,12	131	0,86	0,12
14	0,73	0,06	24	0,77	0,07	43	0,82	0,07	87	0,88	0,08
			72	0,57	0,34	126	0,65	0,37	-	-	-
44	0,60	0,20	75	0,67	0,22	139	0,75	0,24	-	-	-
24	0,66	0,10	40	0,72	0,11	72	0,78	0,12	148	0,85	0,12
			28	0,76	0,07	49	0,81	0,07	98	0,87	0,08
81	0,56	0,34	142	0,64	0,37	-	-	-	-	-	-
49	0,59	0,20	84	0,67	0,22	155	0,75	0,24	-	-	-
26	0,65	0,10	45	0,71	0,11	72	0,79	0,12	-	-	-
18	0,70	0,06	31	0,75	0,07	54	0,81	0,07	107	0,87	0,08

ПРИЛОЖЕНИЕ II

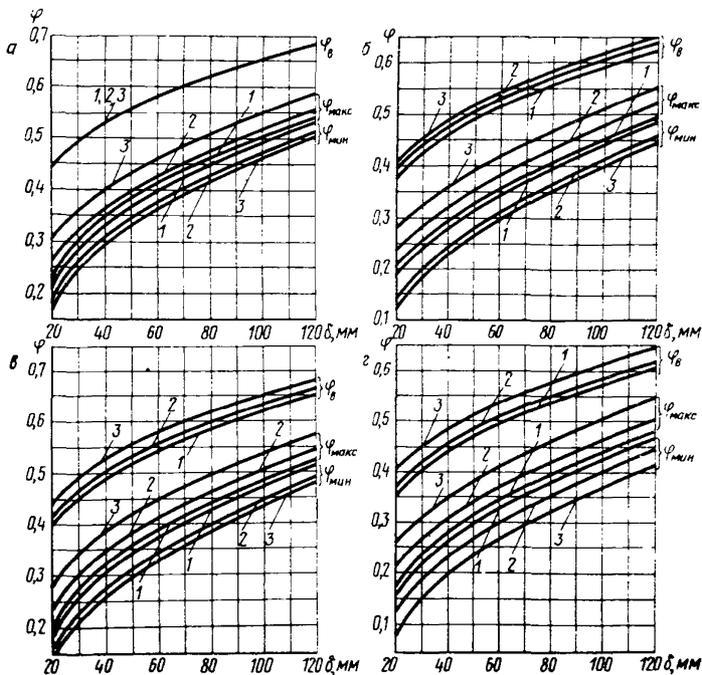
Справочное



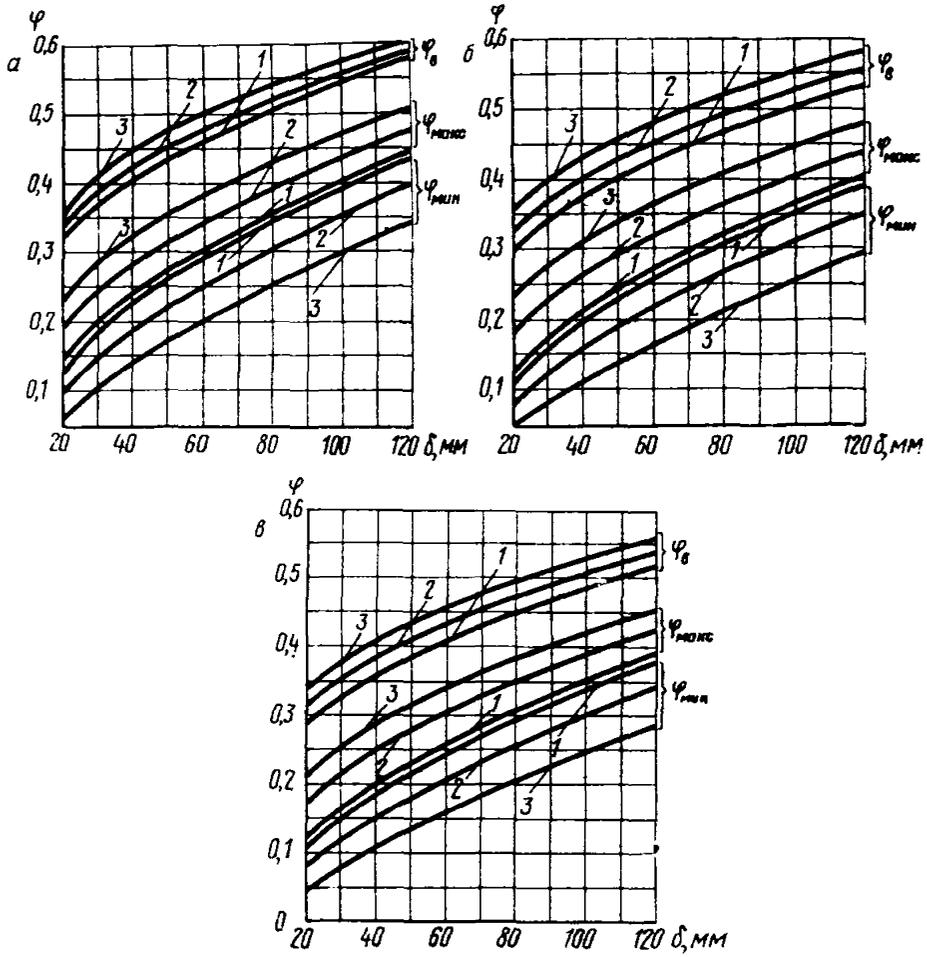
Графики определения толщины изоляции  
для продуктопроводов при неподвижном продукте



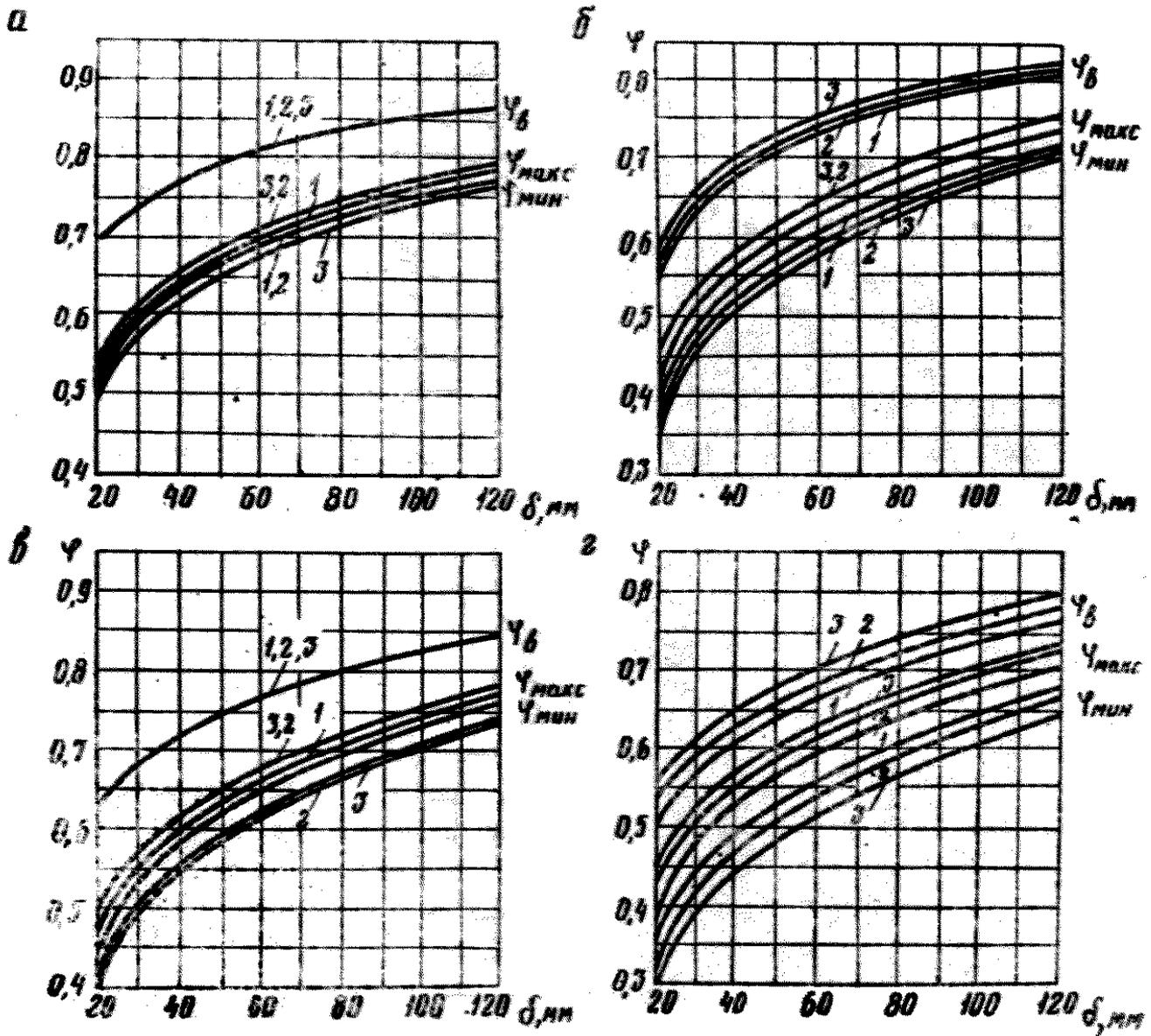
С одним спутником  $d_{сп} = 0,025$  м: а -  $d_{тр} = 0,089$  м; б -  $d_{тр} = 0,159$  м; в -  $d_{тр} = 0,108$  м; г -  $d_{тр} = 0,219$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



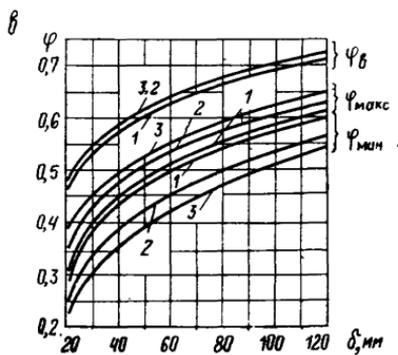
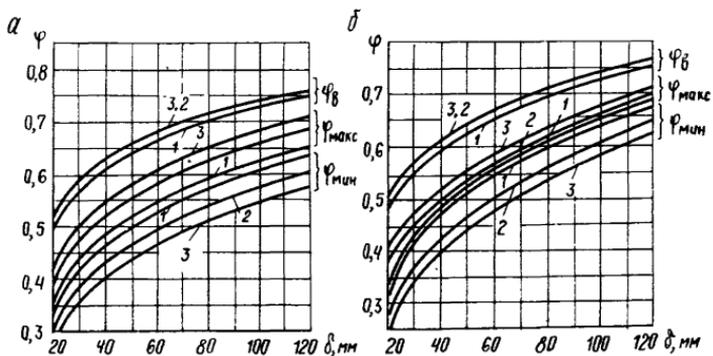
С одним спутником  $d_n = 0,025$  м: а -  $d_{mp} = 0,273$  м; б -  $d_{mp} = 0,377$  м; в -  $d_{mp} = 0,325$  м; г -  $d_{mp} = 0,426$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



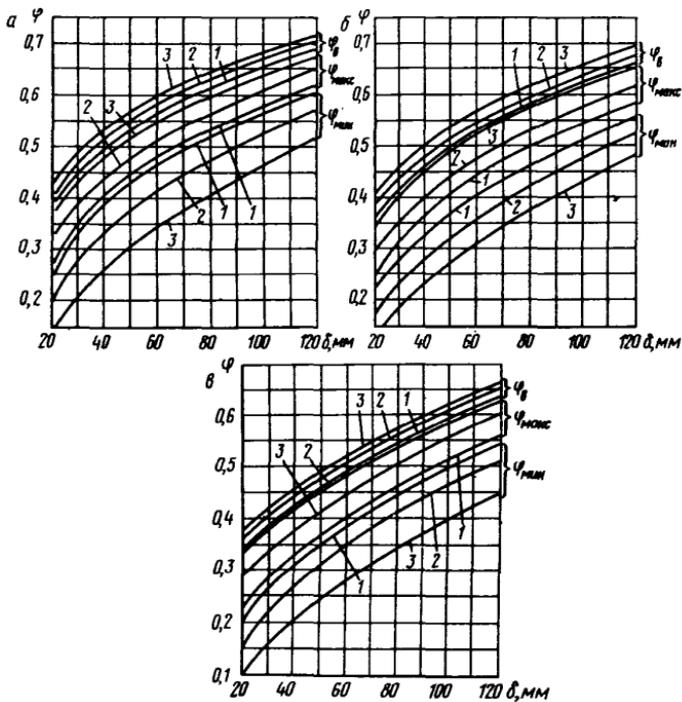
С ОДНИМ СПУТНИКОМ  $d_{сп} = 0,025$  м: а -  $d_{тp} = 0,529$  м; б -  $d_{тp} = 0,630$  м; в -  $d_{тp} = 0,720$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



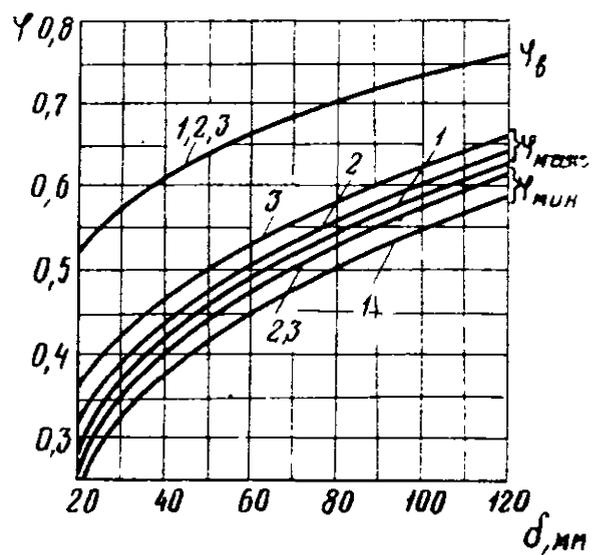
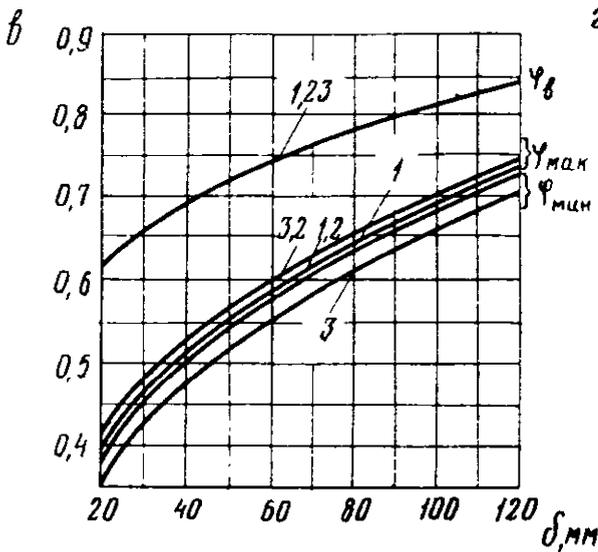
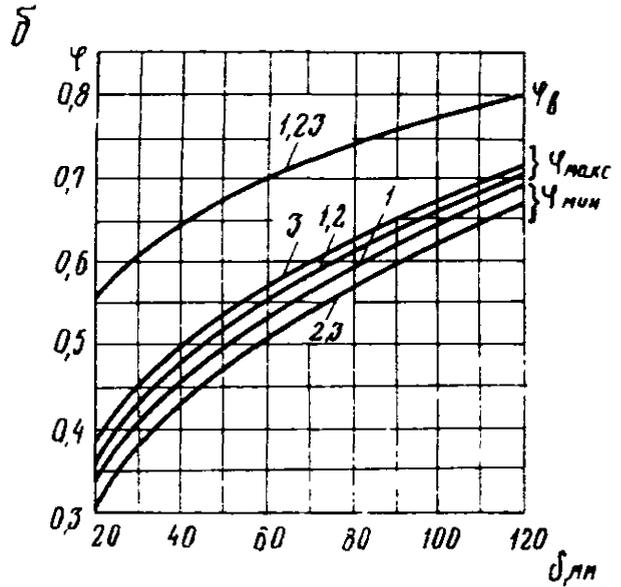
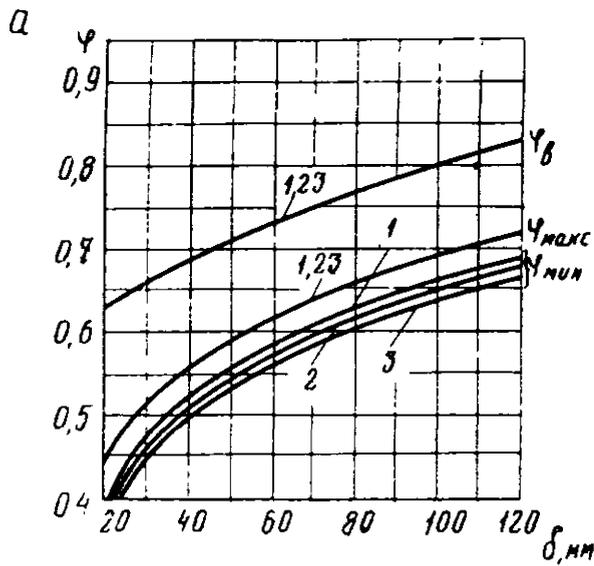
с двумя спутниками  $d_{ср} = 0,025$  м: а -  $d_{др} = 0,108$  м; б -  $d_{др} = 0,219$  м; в -  $d_{др} = 0,159$  м; г -  $d_{др} = 0,273$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



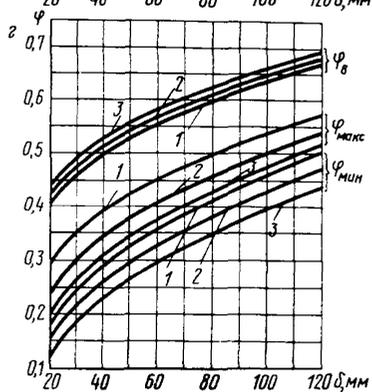
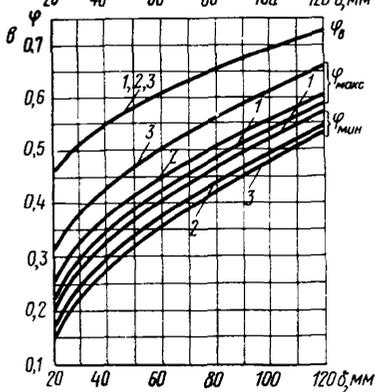
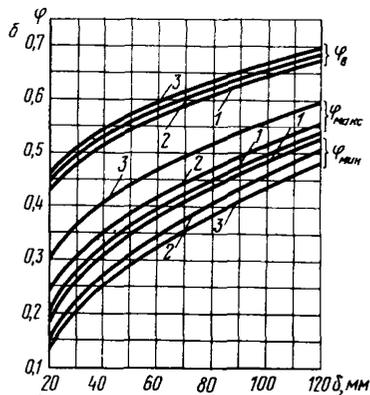
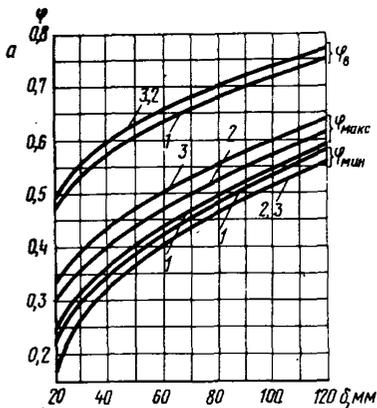
С двумя спутниками  $d_{\text{сп}} = 0,025$  м: а -  $d_{\text{пр}} = 0,325$  м; б -  $d_{\text{пр}} = 0,377$  м; в -  $d_{\text{пр}} = 0,426$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



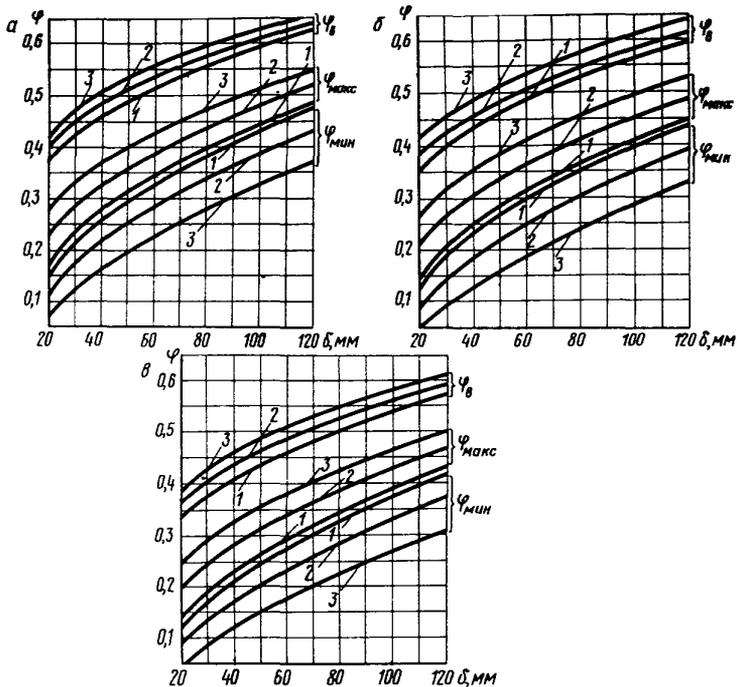
С ДВУМЯ СПУТНИКАМИ  $d_{сл} = 0,025$  м: а -  $d_{тр} = 0,529$  м; б -  $d_{тр} = 0,630$  м; в -  $d_{тр} = 0,720$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



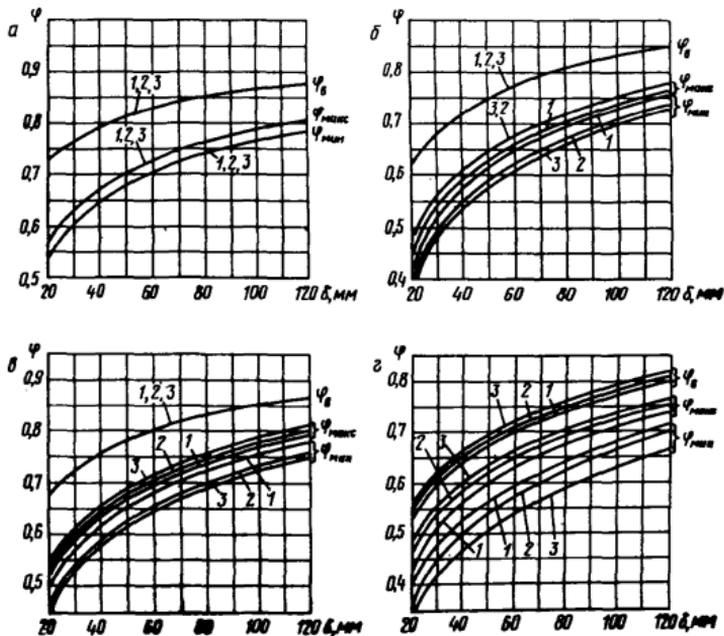
С одним спутником  $d_{сп} = 0,032$  м: а -  $d_{пр} = 0,089$  м; б -  $d_{пр} = 0,159$  м; в -  $d_{пр} = 0,108$  м; г -  $d_{пр} = 0,219$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



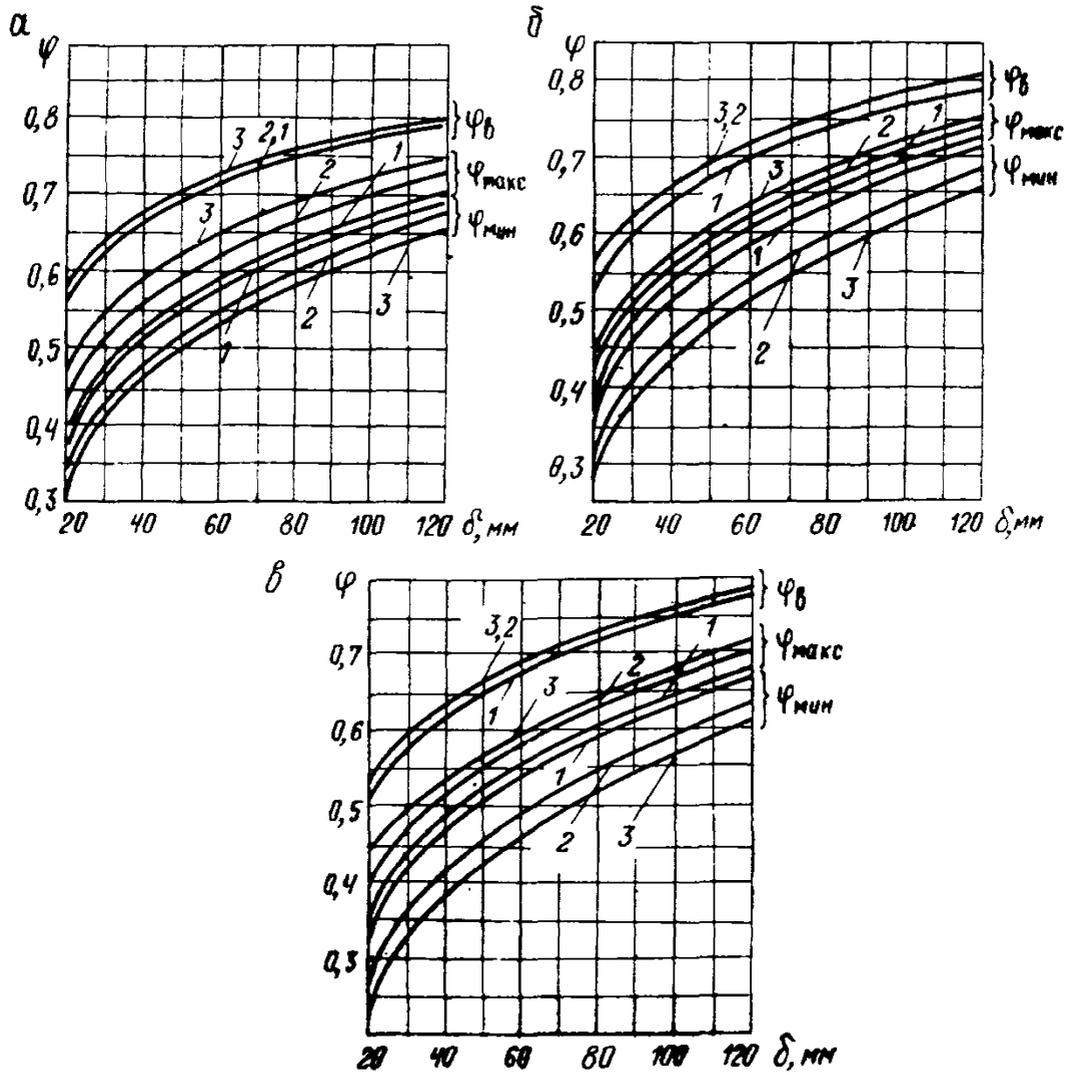
С одним спутником  $d_{оп} = 0,032$  м: а -  $d_{мпр} = 0,273$  м; б -  $d_{мпр} = 0,426$  м; в -  $d_{ма} = 0,426$  м; з - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



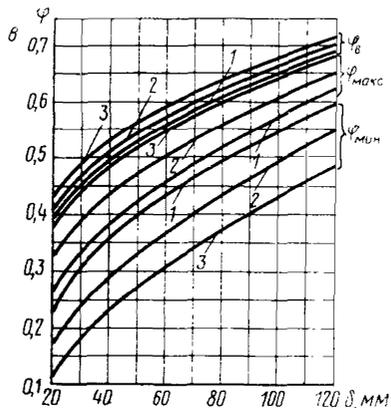
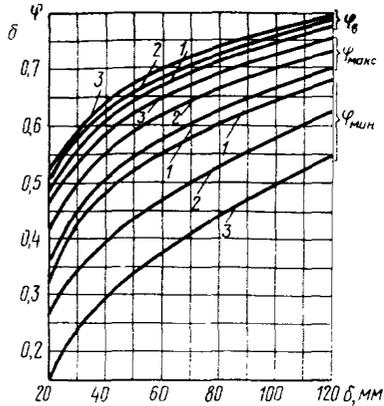
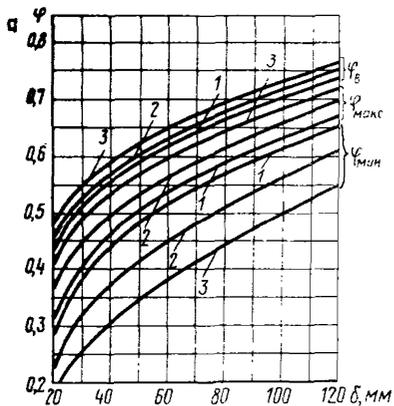
С одним спутником  $d_{cn} = 0,032$  м: а -  $d_{тр} = 0,529$  м; б -  $d_{тр} = 0,630$  м; в -  $d_{тр} = 0,720$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



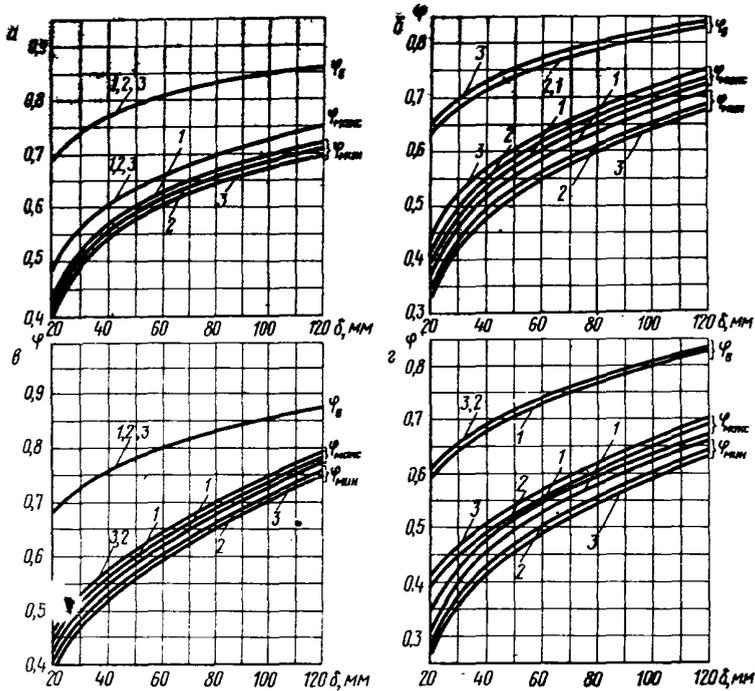
**С** ДВУМЯ СПУТНИКАМИ  $d_{сп} = 0,032$  м: а -  $d_{сп} = 0,108$  м; б -  $d_{сп} = 0,219$  м; в -  $d_{сп} = 0,159$  м; г -  $d_{сп} = 0,273$  м; 1 - ВОДА, РАСТВОРЫ ЩЕЛОЧЕЙ И КИСЛОТ; 2 - МАСЛО; 3 - ГАЗ



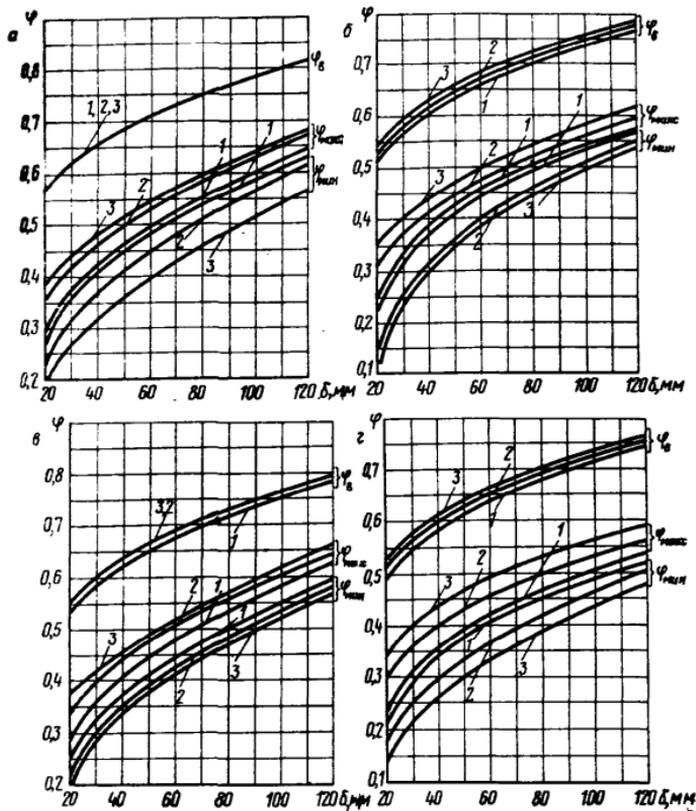
С двумя спутниками  $d_{cn} = 0,032$  м: а -  $d_{mp} = 0,325$  м; б -  $d_{mp} = 0,377$  м; в -  $d_{mp} = 0,412$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



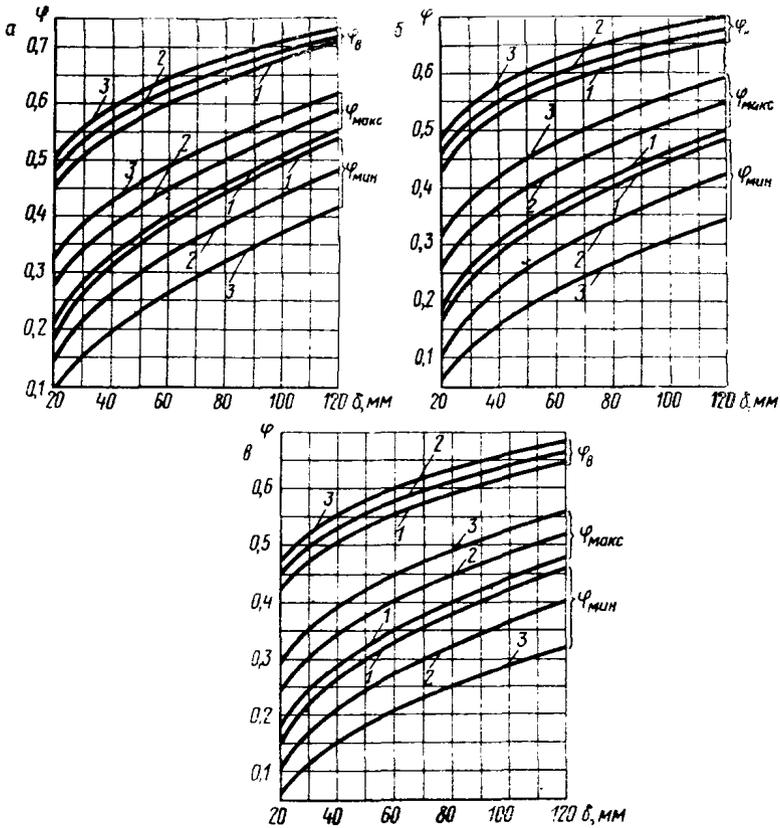
С двумя спутниками  $d_{сл} = 0,032$  м: а -  $d_{тр} = 0,529$  м; б -  $d_{тр} = 0,630$  м; в -  $d_{тр} = 0,720$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



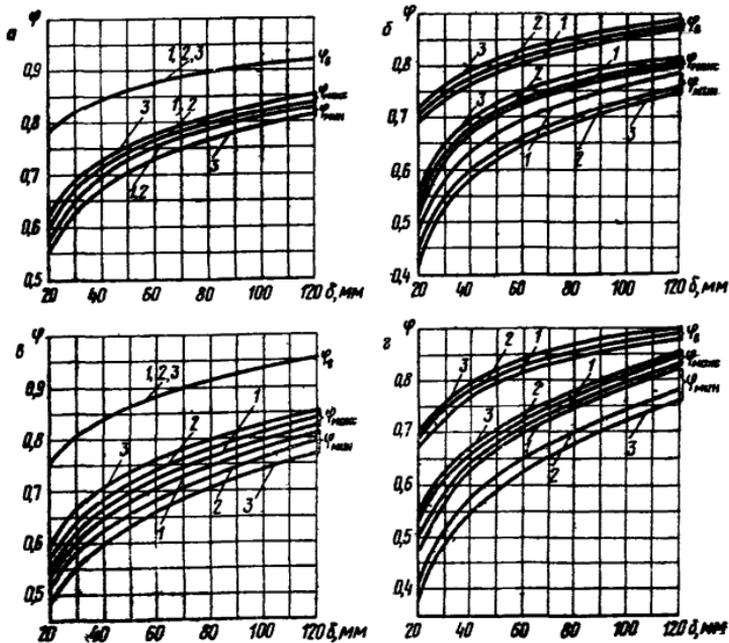
С одним спутником  $d_{\text{сп}} = 0,045$  м: а -  $d_{\text{пр}} = 0,069$  м; б -  $d_{\text{пр}} = 0,159$  м; в -  $d_{\text{пр}} = 0,108$  м; г -  $d_{\text{пр}} = 0,219$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



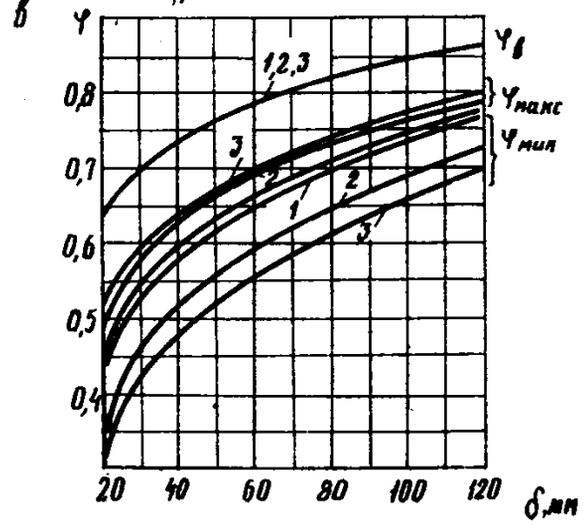
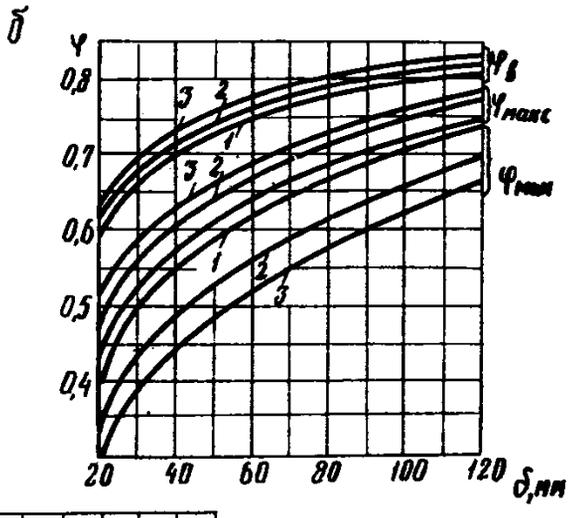
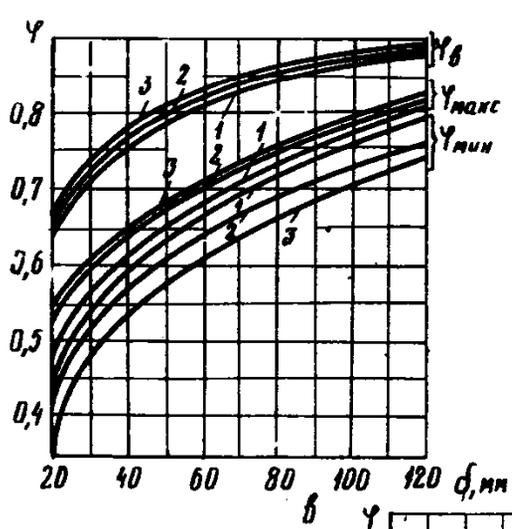
С одним спутником  $\alpha_{сп} = 0,045$  м: а -  $\alpha_{тр} = 0,273$  м; б -  $\alpha_{тр} = 0,377$  м; в -  $\alpha_{тр} = 0,325$  м; г -  $\alpha_{тр} = 0,426$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



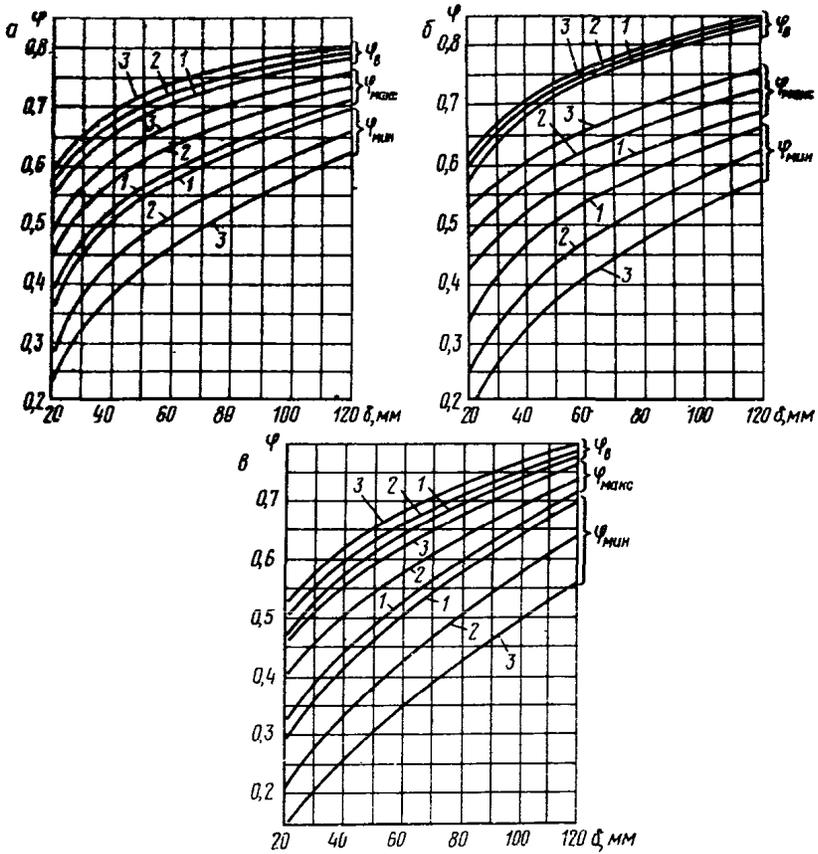
С одним спутником  $d_{сп} = 0,045$  м: а -  $d_{тр} = 0,529$  м; б -  $d_{тр} = 0,630$  м; в -  $d_{тр} = 0,720$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



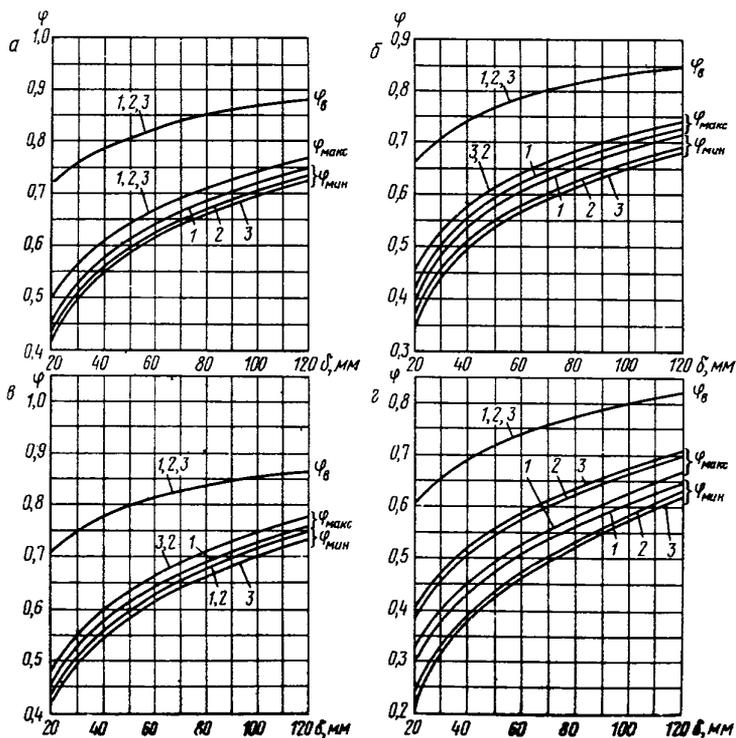
С двумя спутниками  $d_{сп} = 0,045$  м: а -  $d_{тр} = 0,108$  м; б -  $d_{тр} = 0,219$  м; в -  $d_{тр} = 0,159$  м; г -  $d_{тр} = 0,273$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



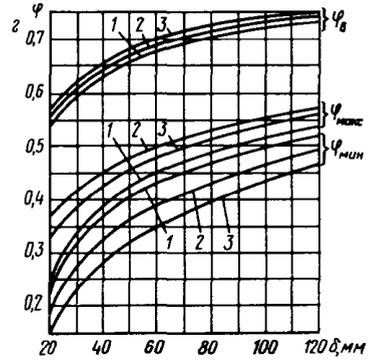
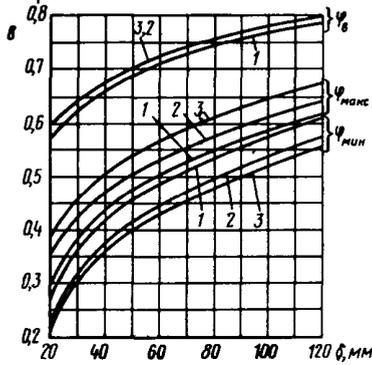
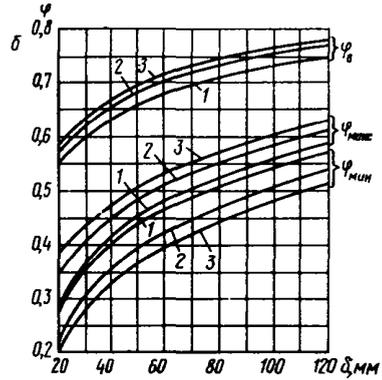
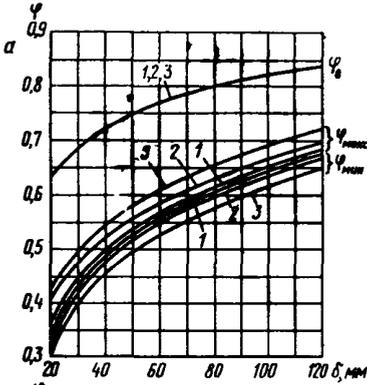
С двумя спутниками  $d_{gp} = 0,045$  м: а -  $d_{mp} = 0,325$  м; б -  $d_{mp} = 0,426$  м; в -  $d_{mp} = 0,377$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



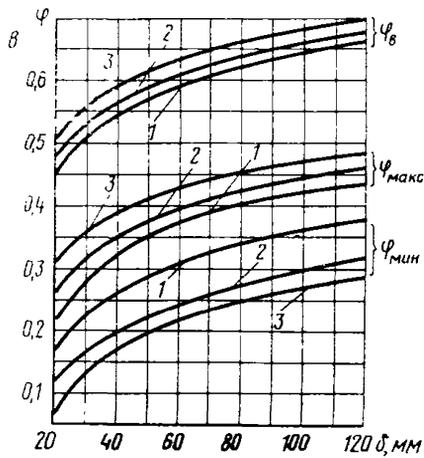
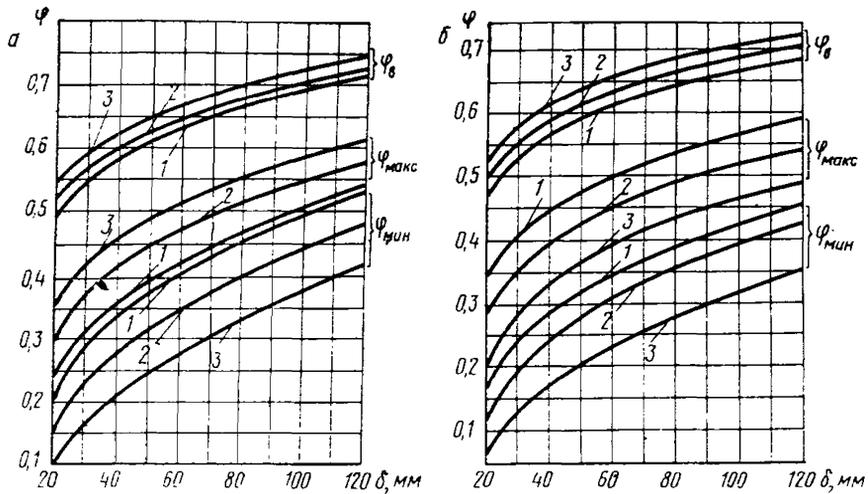
С двумя спутниками  $d_{спл} = 0,045$  м: а -  $d_{гр} = 0,529$  м; б -  $d_{гр} = 0,630$  м; в -  $d_{гр} = 0,720$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



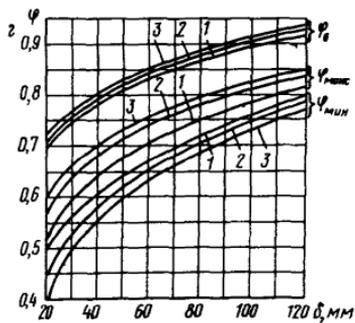
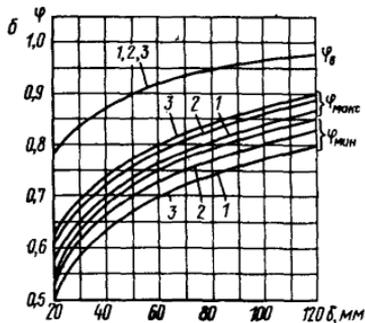
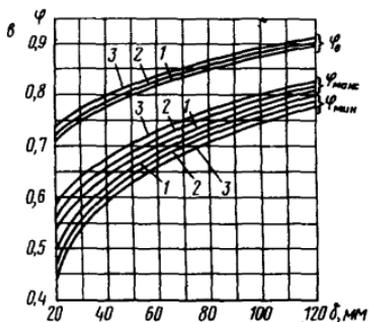
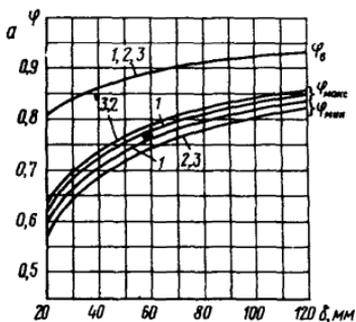
С одним спутником  $d_{\text{сп}} = 0,057$  м: а -  $d_{\text{тр}} = 0,089$  м; б -  $d_{\text{тр}} = 0,159$  м; в -  $d_{\text{тр}} = 0,108$  м; г -  $d_{\text{тр}} = 0,273$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



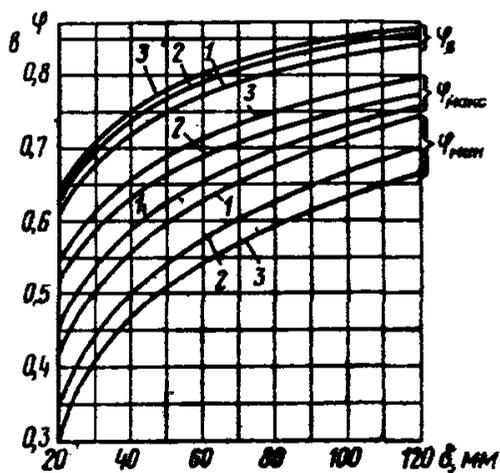
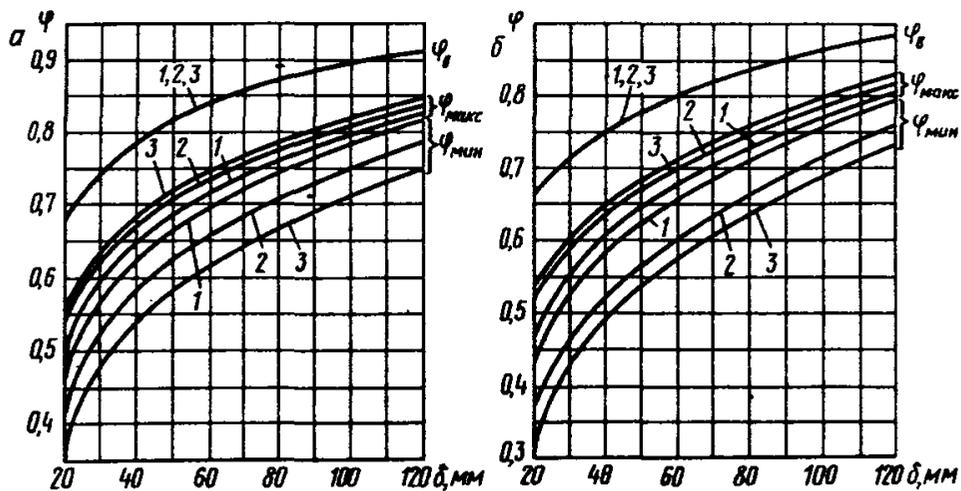
С ОДНИМ СПУТНИКОМ  $d_{сл} = 0,057$  м: а -  $d_{mp} = 0,219$  м; б -  $d_{mp} = 0,377$  м; в -  $d_{mp} = 0,325$  м; г -  $d_{mp} = 0,426$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



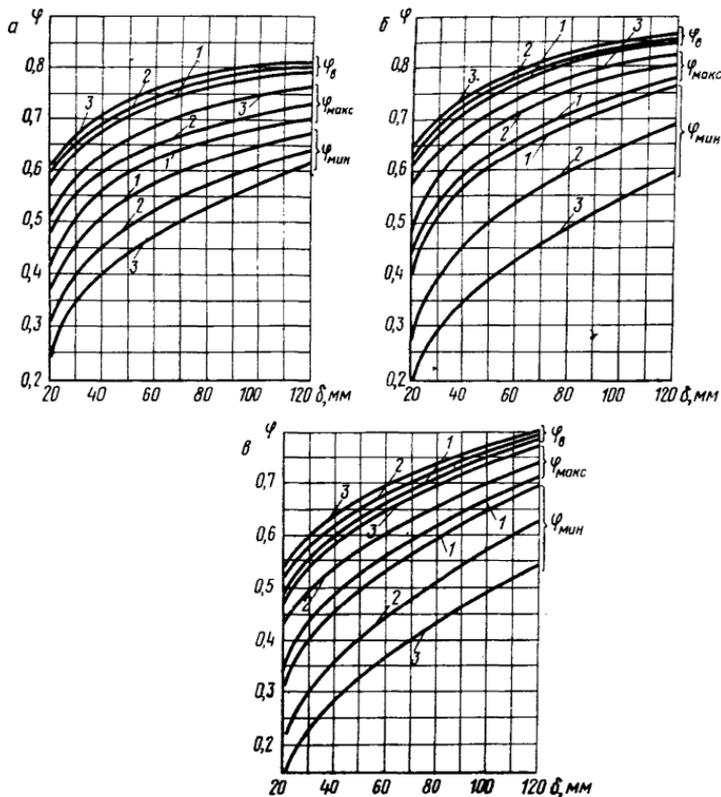
С ОДНИМ СПУТНИКОМ  $d_{сл} = 0,057$  м: а -  $d_{пр} = 0,529$  м; б -  $d_{пр} = 0,630$  м; в -  $d_{пр} = 0,720$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



С двумя спутниками  $d_{сн} = 0,057$  м: а -  $d_{m0} = 0,108$  м; б -  $d_{m0} = 0,219$  м; в -  $d_{m0} = 0,159$  м; г -  $d_{m0} = 0,273$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



С ДВУМЯ СПУТНИКАМИ  $d_{сн} = 0,057$  м: а -  $d_{тр} = 0,325$  м; б -  $d_{тр} = 0,377$  м; в -  $d_{тр} = 0,426$  м; 1 - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы



С двумя спутниками  $d_{с2} = 0,057$  м: а -  $d_{mp} = 0,529$  м; б -  $d_{mp} = 0,630$  м; в -  $d_{mp} = 0,720$  м; I - вода, растворы щелочей и кислот; 2 - масла; 3 - газы

**Примеры расчета теплоизоляционных конструкций  
продуктопроводов, обогреваемых паром  
и водяными спутниками**

**Пример I.**

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

Возможна остановка продукта менее чем на 12 ч.

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

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

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

**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:

$$\lambda_{\text{из}} = 0,044 + 0,00031 t_{\text{ср}}$$

Определяем  $t_{\text{ср}}$  по формуле

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{сп}} + t_{\text{тр}} + 2t_0}{4} = \frac{179 + 60 + 2 \cdot 80}{4} = 39,8^{\circ}\text{C}$$

Тогда  $\lambda_{\text{из}} = 0,044 + 0,00031 \times 39,8 = 0,056 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ .

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

По пп. 3.16 - 3.19 находим толщину изоляционного слоя, а по формуле (14) - безразмерную температуру продуктопровода:

$$\varphi_{\text{тр}} = \frac{t_{\text{тр}} - t_0}{t_{\text{сп}} - t_0} = \frac{60 + 40}{179 + 40} = 0,456$$

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

По формуле (15) 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  $-40^\circ\text{C}$ .

Возможна остановка продукта более чем на 12 часов.

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

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

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 прошивных матов марки 100 и длину обогреваемого участка.

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

По приложению I определяем коэффициент теплопроводности изоляционного слоя:

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

Находим  $t_{ср}$  по формуле

$$t_{ср} = \frac{t_{сп} + t_{тр} + 2t_0}{4},$$

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

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

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

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

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

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

Согласно пп. 3.24 - 3.26 находим:

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

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

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

Согласно приложению I принимаем расчетную толщину изоляции  $\delta_{\text{р}}^{\text{н}} = 0,05$  м.

Для определения длины обогреваемого участка по п. 3.2I 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  $R_{\text{I}} = 0,32$  (из табл. I приложения 9).

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

По приложению II находим:

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

Длину обогреваемого участка определяем по формуле (17):

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

## О Г Л 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,	14
4. Расчет температур обогревающей воды и продукта при обогреве магистральных продуктопроводов .....	15
П р и л о ж е н и е 1. Номенклатура и краткая характеристика теплоизоляционных материалов, применяемых в качестве основного теплоизоляционного слоя .....	20
П р и л о ж е н и е 2. Номенклатура материалов для защитно-покровного слоя и область их применения .....	25
П р и л о ж е н и е 3. Коэффициенты уплотнения изделий из волокнистых материалов К .....	26
П р и л о ж е н и е 4. Расстояние между осями изолированных продуктопроводов со спутниками при прокладке на эстакадах .....	27
П р и л о ж е н и е 5. Ориентировочный выбор диаметров и количества спутников для продуктопроводов, расположенных в помещении и на открытом воздухе .....	28
П р и л о ж е н и е 6. Зависимость эффективного критерия Нуссельта от произведения критериев Грасгофа и Прандтля .....	32
П р и л о ж е н и е 7. Зависимость температурного фактора А от средней температуры .....	33
П р и л о ж е н и е 8. Коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающий воздух $\alpha_n$ .....	33
П р и л о ж е н и е 9. Удельные термические сопротивления .....	34

Приложение I0. Зависимость толщины тепло- изоляции $\delta$ из: удельного термического сопротивления тепло- отдачи $R_I$ и безразмерной температуры воздуха в пространстве, ограниченном изоляцией, $\psi_a$ от диаметров продуктопро- вода и спутника . . . . .	40
Приложение II. График определения водя- ного эквивалента $W$ в зависимости от скорости теплоноси- теля . . . . .	80
Приложение I2. Графики определения толщи- ны изоляции для продуктопроводов при неподвижном продукте.	81
Приложение I3. Примеры расчета теплоизо- ляционных конструкций продуктопроводов, обогреваемых паро- выми и водяными спутниками . . . . .	105

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

---

ДП3968 Подписано в печать 22/II-1978 г.  
формат 60x90/16 Печ.л.6,75 Уч.-изд.л. 3,6  
Бумага тип.№ 2 Изд.№ МП-Ш-16-77 тираж 250  
Зак. 131 Цена 52 коп.

---

ЦЕНТИ минмонтажспецстроя СССР  
Москва В-49, ул.Дмитрова, 38а