

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РАСХОДОВ ШАХТЁРОВ И ИЗОЛЯЦИОННОСТИ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОЧИХ В ШАХТАХ

J. Drenda, Силезский Технический Университет, Гливицы, Польша

Представлены результаты исследований энергетического расхода шахтёров работающих в лавах и коридорных забоях а тоже тепловые сопротивления рабочей одежды. Климатическая безопасность определена универсальным, безразмерным параметром, каким является коэффициент теплового дискомфорта „ δ ” учитывающий параметры человека и климата.

Каждый человек производит тепло метаболизма нужное поддержанию постоянной, внутренней температуры организма равной 37°C. Физиологи принимают предпосылку, что человек очень малую часть метаболического тепла требует на поддержание жизненных функции и исполнение работы. Таким образом можно принять, что почти всё метаболическое тепло человека должно быть выделено в окружающую среду.

Это метаболическое тепло генерированное и выделяемое из человеческого организма в окружающую среду называем энергетическим расходом „ M ” или плотностью потока метаболизма в ватах на квадратный метр тела (В/м^2).

Главными способами теплообмена между человеком а средой являются: конвекция (плотность потока тепла конвекции K), тепловое излучение (плотность потока тепла излучения R) и испарение пота (плотность потока тепла испарения P). Другие способы теплообмена, как дыхание или диффузия водяного пара через кожу, являются малыми и можно их обойти.

Тепловой баланс человека, определённый потоками тепла, которые человек выделяет до или принимает с окружающей среды, в перечислении на м^2 поверхности человеческого тела, представляет формула (1):

$$M = K + R + P \quad (1)$$

Тепло метаболизма зависит от рода и интенсивности работы или физической нагрузки человека. Согласно со стандартом ISO 7243-1982 [4] принято следующие величины энергетических расходов для определения нагрузки рабочих (диапазоны энергетических расходов „ M ” и средние стоимости „ M_c ”): для отдыха $M_c = 65 \text{ В/м}^2$, для лёгкой работы ($70 < M < 130$) и $M_c = 100 \text{ В/м}^2$, для умеренной работы ($130 < M < 200$) и $M_c = 165 \text{ В/м}^2$, для тяжёлой работы ($200 < M < 260$) и $M_c = 230 \text{ В/м}^2$, для очень тяжёлой работы ($M > 160$) и $M_c = 290 \text{ В/м}^2$.

Следующим значительным параметром человека является тепловое сопротивление одежды. Тепловое сопротивление одежды или иначе изоляционность одежды принимается в единицах „clo”. (1,2,4,5,7). Приблизительно тепловое сопротивление одежды для неодетого шахтёра равно 0,1 clo (шорты, шлем, сапоги, лампа), для нормальной рабочей одежды - 1 clo, (рубашка, брюки, блуза, шлем, сапоги, лампа), для лёгкой одежды 0,5 clo (рубашка с короткими рукавами, брюки, шлем, сапоги, лампа).

Отличительной чертой человека является его акклиматизационное состояние то есть привычка к горячим условиям среды. Отличается человека заакклиматизированного и неакклиматизированного. Акклиматизацию получается после около недельной работы в горячих средах.

На основании измерений пульса рабочих в шахтах определено средние стоимости энергетических расходов шахтёров разных профессий. Измерения пульса изготовливано во время рабочей смены.

Из результатов измерений вычислено среднюю стоимость пульса и по стандарту ISO 7933 [5] і ISO 8996 [6], энергетический расход.

На основании несколько сот измерений (свыше 700) энергетических расходов шахтёров разных профессий в лавах и забоях, определено средние их значения и представлено в таблицы 1.

Таблица 1. Категории тяжести работы и средние энергетические расходы шахтёров в местах работы в шахтах.

| Место работы | Профессия | Энергетический расход [W/m ²] | Категория тяжести работы |
|------------------|----------------------------|---|----------------------------|
| Лавы | Комбайнер | 170 | Умеренная работа |
| | Шахтёр обслуживающий крепь | 172 | Умеренная работа |
| | Надзор | 148 | Умеренная работа |
| | Механик, Электрик | 169 | Умеренная работа |
| | Подсобный рабочий | 154 | Умеренная работа |
| Коридорные забои | Комбайнер | 191 | Умеренная / тяжёлая работа |
| | Шахтёр в забое | 214 | Тяжёлая работа |
| | Надзор | 197 | Умеренная / тяжёлая работа |
| | Механик, Электрик | 192 | Умеренная / тяжёлая работа |
| Транспорт | Транспорт | 174 | Умеренная работа |

На основании измерений на термическом манекене, проведенных в Центральном Институте Медицины Труда в Варшаве определено динамические тепловые сопротивления типических составов горной одежды [1]. Сопротивления динамические определены при скорости воздуха 0,4 м/с были перечислены на статические сопротивления по стандартам ISO 9920 [7] и ISO 7933 [5]. Статические стоимости сопротивлений горной одежды представлены в таблицы 2.

Таблица 2. Тепловая изоляционность одежды (изоляционность основная статическая) горной одежды сухой и влажной, новой и использованной. [1].

| Новая одежда | | | |
|----------------|--|---------------------|---------------------|
| Составы одежды | Части одежды | Сухая одежда | Влажная одежда |
| | | I _{cl} clo | I _{cl} clo |
| E1 | Шлем, резиновые сапоги, покрывка на лампу, шорты | 0,12 | - |
| E2 | Шлем, резиновые сапоги, покрывка на лампу, шорты, рубашка с короткими рукавами | 0,28 | 0,022 |

| | | | |
|---------------------|---|------|------|
| E3 | Шлем, резиновые сапоги, покрышка на лампу, брюки | 0,32 | - |
| E4 | Шлем, резиновые сапоги, покрышка на лампу, брюки, рубашка с короткими рукавами | 0,50 | 0,16 |
| E5 | Шлем, резиновые сапоги, покрышка на лампу, брюки, рубашка с длинными рукавами | 0,77 | 0,33 |
| E6 | Шлем, резиновые сапоги, покрышка на лампу, брюки, рубашка с длинными рукавами, рабочая блуза. | 0,97 | 0,47 |
| Пользованная одежда | | | |
| E4 | Шлем, резиновые сапоги, покрышка на лампу, брюки, рубашка с короткими рукавами | 0,47 | 0,15 |
| E5 | Шлем, резиновые сапоги, покрышка на лампу, брюки, рубашка с длинными рукавами | 0,70 | 0,30 |
| E6 | Шлем, резиновые сапоги, покрышка на лампу, брюки, рубашка с длинными рукавами, рабочая блуза | 1,00 | 0,50 |

Параметром определяющим климатические условия человека в разных средах является коэффициент теплового дискомфорта „ δ ”. [1,2,3]. Этот коэффициент зависит от многих параметров климата и человека (2). Именно от температуры воздуха t_s , его влажности φ и скорости движения w , энергетического расхода человека M , теплового сопротивления одежды I_{cl} и акклиматизации A . Коэффициент „ δ ” зависит тоже от средней температуры теплового излучения окружающей среды t_{pr} , но в большинстве случаев можно принять предпосылку, что в шахте средняя температура теплового излучения равна температуре воздуха. Вообще коэффициент теплового дискомфорта можно представить зависимостью:

$$\delta = f(M, t_s, \varphi, w, t_{pr}, I_{cl}, A) \quad (2)$$

Коэффициент теплового дискомфорта определяется из номограмм. Рис. 1÷ 5. В данной статье представлено 5 основных номограмм позволяющих определить коэффициент теплового дискомфорта для рабочих пребывающих в любой климатической среде. Номограммы построены для пяти влажностей воздуха $\varphi = 20\%$, $\varphi = 40\%$, $\varphi = 60\%$, $\varphi = 80\%$, $\varphi = 100\%$. Левая часть номограммы касается человека не одетого $I_{cl} = 0 \text{ clo}$, правая человека одетого $I_{cl} = 1 \text{ clo}$. На номограммах находятся изолинии скорости воздуха от 0 до 3 м/с и изолинии энергетических расходов для отдыха, легкой, умеренной и тяжелой работ. На номограмме для влажности воздуха 80% указанный способ определения коэффициента теплового дискомфорта. Зная из измерений температуру воздуха „ $t_s = 25^\circ\text{C}$ ”, его влажность „ $\varphi = 80\%$ ” (точка А) и скорость движения „ $w = 0,5 \text{ м/с}$ ” проходим к точке В для людей не одетых или к точку В' для одетых. Дальше с точек В и В' вертикально идём до точек С и С' принимая, на пример из таблицы 1, энергетический расход рабочего. В номограммах выступают два рода изолиний энергетического расхода. Сплошная касается человека незаакклиматизированного, штриховая касается человека заакклиматизированного. С точек С и С' переходим к точкам D и D' определяя коэффициент теплового дискомфорта.

Из представленных номограмм можно определить коэффициенты теплового дискомфорта для любых влажностей и тепловых сопротивлений одежды через интерполяцию.

Принимается, что когда коэффициент теплового дискомфорта для данного рабочего равен 0 тогда выступает тепловой комфорт, а когда равен 1 выступает дискомфорт опасный для

здоровья. Свойства дискомфорта по коэффициенту „ δ ” являются следующими: холодная среда $\delta < 0$, тепловой комфорт $\delta = 0$, дискомфорт безопасный для здоровья $0 < \delta < 1$, дискомфорт опасный для здоровья $\delta \geq 1$.

Представлены в статье стоимости энергетических расходов шахтёров и тепловых сопротивлений разных составов одежды вместе с параметрами климата позволяют на лучшую оценку климатических условий рабочих в шахтах. Климатическую безопасность человека можно определить стоимостью коэффициента теплового дискомфорта „ δ ”.

Список литературы

1. Drenda J. i inni. Opracowanie zasad zatrudniania pracowników w warunkach zagrożenia klimatycznego w podziemnych zakładach górniczych. Raport końcowy z realizacji zadania badawczego nr 5 strategicznego projektu badawczego nr SP/K/5/143275/11 pt.: „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach”, Politechnika Śląska, Gliwice 2015.

2. Drenda J.; Оценка климатической безопасности работников в глубоких шахтах. Горный Информационно Аналитический Биuletин. „НЕДЕЛЯ ГОРНЯКА” Московский Государственный Горный Университет, 2005.

3. Drenda J. Dyskomfort cieplny w środowiskach pracy kopalń głębokich. Zesz. Nauk. Pol. Śl. S. Górnictwo, Z. 213, Gliwice, 1993 r.

4. ISO 7243 – 1982 Hot environments. Estimation of the heat stress working man, based on the WBGT – indeks (wet bulb globe temperatur).

5. ISO 7933:1989 Hot environments – Analytical determination of thermal stress using calculation of required sweat rate.

6. ISO 8996 – Determination of metabolic heat production .

7. ISO 9920 – Ergonomics of the thermal environment -- Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble

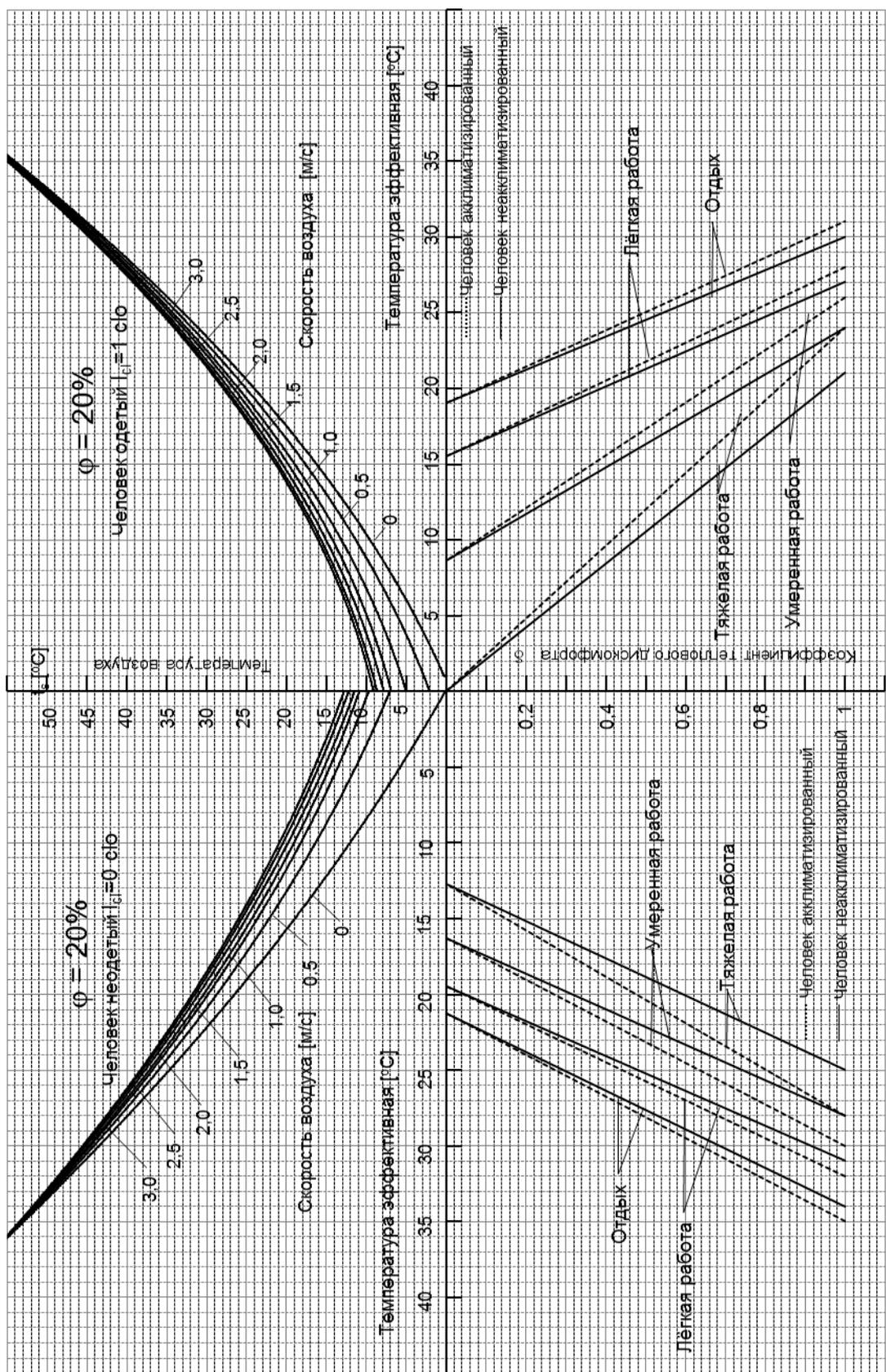


Рис. 1. Нограмма для определения коэффициента теплового дискомфорта для относительной влажности воздуха $\phi = 20\%$

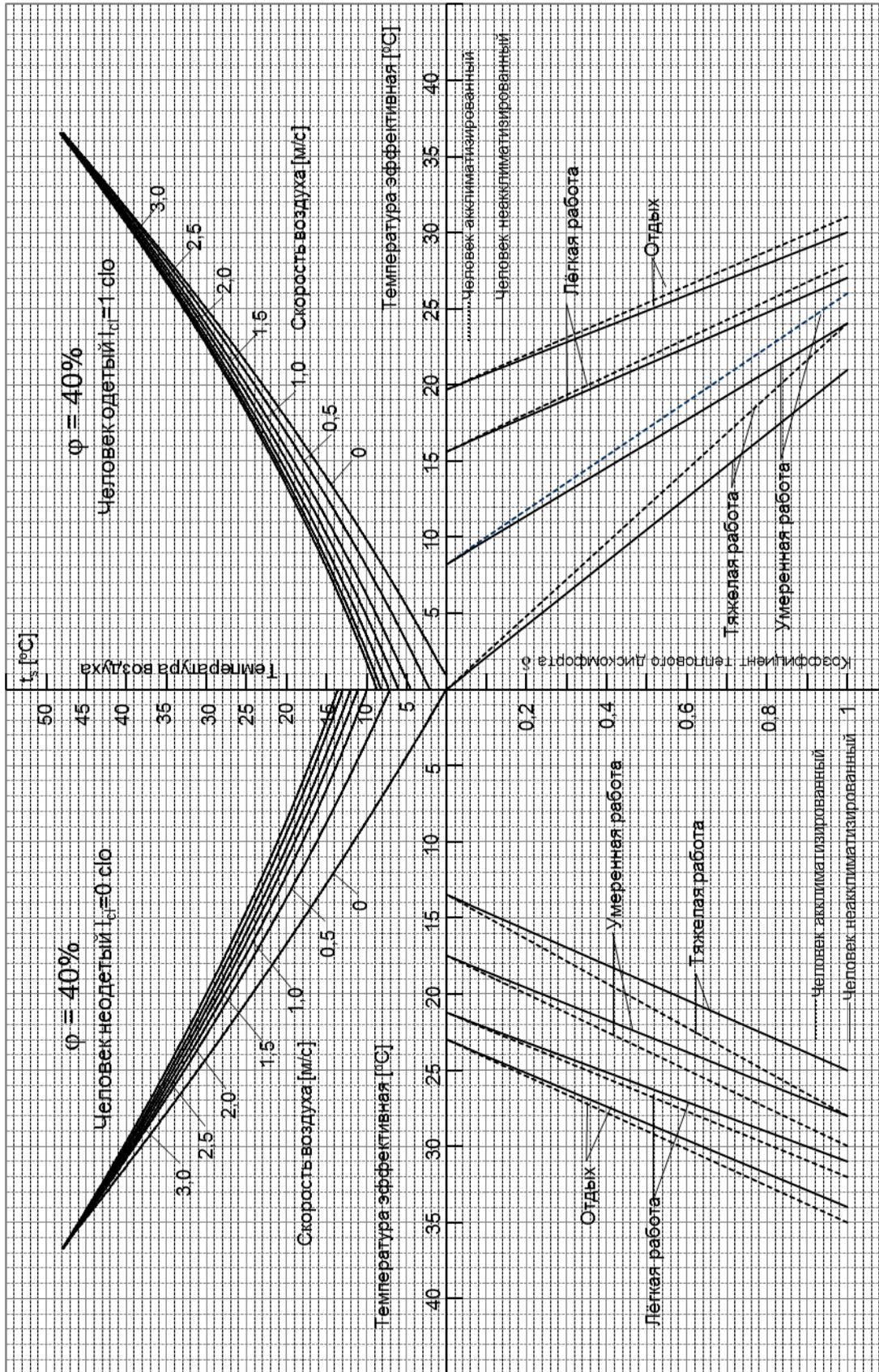


Рис. 2. Номограмма для определения коэффициента теплового дискомфорта для относительной влажности воздуха $\phi = 40\%$

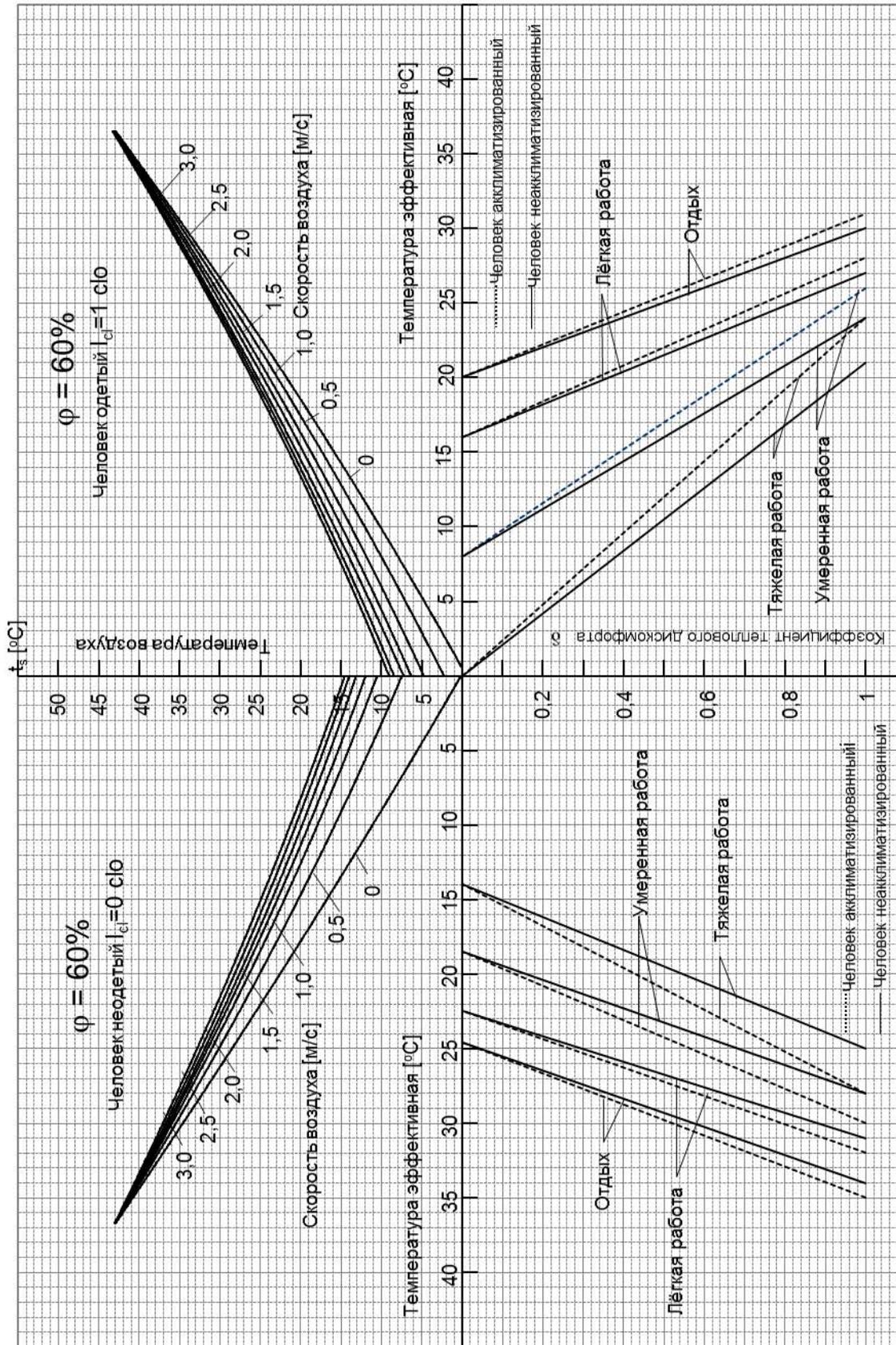


Рис. 3. Нограмма для определения коэффициента теплового дискомфорта для относительной влажности воздуха $\phi = 60\%$

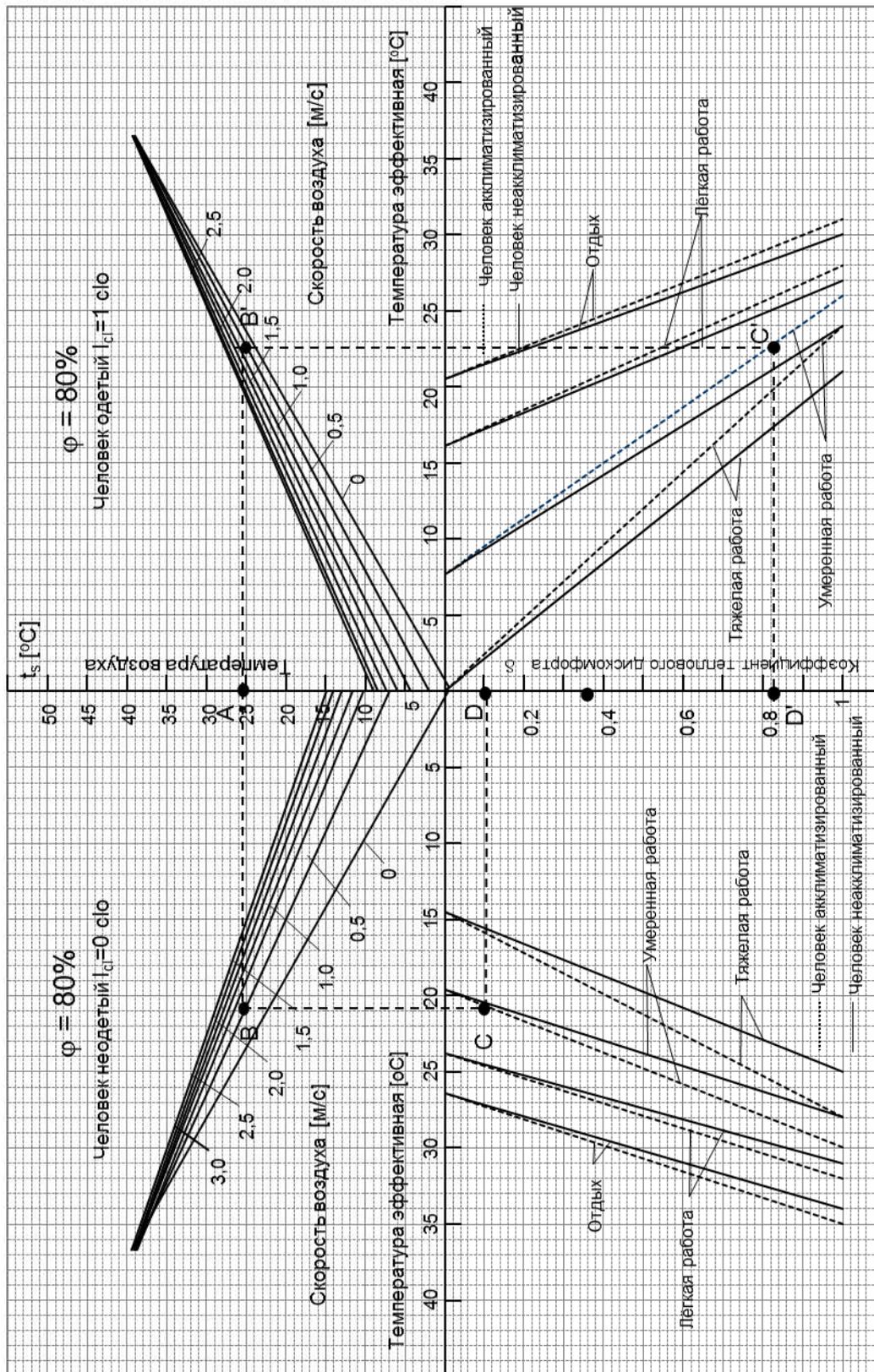


Рис. 4. Нограмма для определения коэффициента теплового дискомфорта для относительной влажности воздуха $\phi = 80\%$

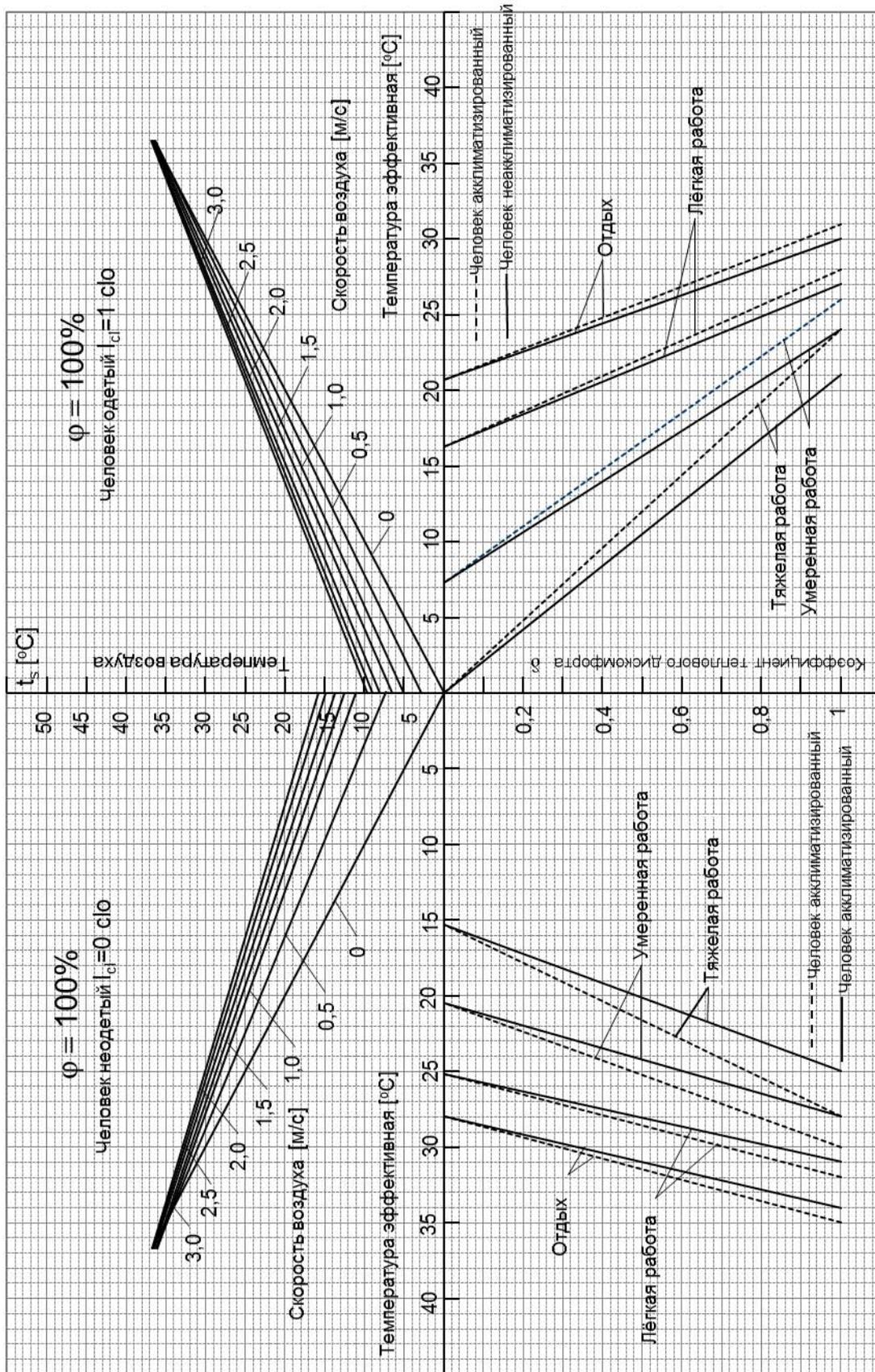


Рис. 5. Номограмма для определения коэффициента теплового дискомфорта для относительной влажности воздуха $\phi = 100\%$