

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

## **УДЕЛЬНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ**

Методические указания  
к выполнению самостоятельной работы

Под общей редакцией доктора технических наук,  
профессора Ю.П. Скачкова

Пенза 2014

УДК 006:691(075.8)

ББК 30.10:38.3я73

У29

*Методические указания подготовлены в рамках проекта  
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки  
высококвалифицированных кадров для строительной отрасли»  
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –  
«Кадры для регионов»)*

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – кандидат технических наук, доцент С.Н. Кислицына (ПГУАС)

**Удельная** поверхность сыпучих материалов: метод. указания к выполнению самостоятельной работы / В.И. Логанина, Л.В. Макарова, Р.В. Тарасов; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 12 с.

Приведены сведения о методике измерения удельной поверхности тонкодисперсных строительных материалов..

Методические указания обеспечивают условие освоения технологических процессов строительного производства и производства строительных материалов, изделий и конструкций, научно-технической информацией, отечественным и зарубежным опытом по профилю деятельности.

Методические указания подготовлены на кафедре «Управление качеством и технология строительного производства» и базовой кафедре «Стройцентр» и предназначены для слушателей курсов повышения квалификации, обучающихся по программе «Современные композиционные строительные материалы».

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2014

© Логанина В.И., Макарова Л.В., Тарасов Р.В., 2014

## ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

*Цель работы* – определить удельную поверхность минеральных вяжущих.

Удельной поверхностью называется поверхность, отнесенная к единице веса  $\left(\frac{\text{см}^2}{\text{г}}\right)$  или к единице объема  $\left(\frac{\text{см}^2}{\text{см}^3} = \text{см}^{-1}\right)$ . Величина

удельной поверхности характеризует степень дисперсности данного материала. Известно, что химические изменения веществ обуславливаются разностью внутренней энергии веществ, вступающих в реакцию, и веществ – продуктов реакции. Внутренняя энергия зависит не только от вида и количества данного вещества, но и от его дисперсности. Так, исследования показывают, что при удельной поверхности 3000-3500 см<sup>2</sup>/г цемент химически связывает за два дня нормального твердения 10-13% воды, с возрастанием удельной поверхности до 3700-4000 см<sup>2</sup>/г связывается в тот же срок 14-16% воды, при удельной поверхности 4500-5000 см<sup>2</sup>/г – 17-18% воды.

Многочисленные способы определения удельной поверхности твердых дисперсных материалов по принципу измерения поверхности можно условно свести в следующие группы методов:

- 1) фильтрации воздуха при атмосферном давлении;
- 2) молекулярной диффузии в атмосфере разреженного воздуха;
- 3) адсорбции нейтральных газов при температуре жидкого воздуха;
- 4) адсорбции красителей, изотопов, фенолов и т.д.;
- 5) колориметрический.

Из существующих методов в практике производства строительных материалов наибольшее распространение получил метод определения удельной поверхности по воздухопроницаемости слоя уплотненного порошка на приборе ПСХ-2 или Т-3. При этом определяется сопротивление, которое оказывает слой испытываемого материала проходящему через него току воздуха.

Известно, что с уменьшением размеров частиц дробленого материала сужаются просветы между ними. Поэтому воздух просасывается тем труднее, чем мельче порошок. На этой зависимости и основан принцип действия прибора. Кювета (гильза) предназначена для укладки в ней слоя испытываемого материала, уплотнения его производятся с помощью плунжера. Резиновая груша с клапаном и манометр-аспиратор, представляющий собой стеклянный сосуд,

наполненный водой, служат для создания разрежения под слоем материала и для определения давления воздуха под слоем материала. Вместо резиновой груши для создания разрежения может использоваться водоструйный насос. По секундомеру определяют время  $T$  прохождения мениска жидкости в манометре между двумя рисками. По формуле рассчитывают удельную поверхность в зависимости от  $\sqrt{T}$  и некоторых других величин в  $\text{см}^2/\text{г}$ .

Удельная поверхность различных цементов, определенная на приборе ПСХ-2 или Т-3, обычно находится в пределах 2500-4000  $\text{см}^2/\text{г}$ .

*Порядок выполнения работы:*

1. Определить удельную поверхность цемента и гипса.
2. Сравнить показатели удельной поверхности цемента и гипса.

### **Методика выполнения работы**

Вырубить с помощью пробойника необходимое количество кружков фильтровальной бумаги (по две штуки для каждого анализа). Для прокладок используется фильтровальная бумага марки ФО-С ГОСТ 12026-77.

Высушить исследуемый материал в сушильном шкафу при температуре 105-110°C до постоянной массы. Материалы, содержащие связанную воду, сушить не следует. Охладить материал в эксикаторе до комнатной температуры. На лабораторных весах отмерить навеску исследуемого порошка с точностью  $\pm 0,01$  г, масса которой  $m = \rho k$  ( $k$  – коэффициент пропорциональности,  $\text{см}^3$ , равный 3,33,  $\rho$  – истинная плотность материала,  $\text{г}/\text{см}^3$ ).

Значение массы  $m$  можно взять из табл. 1.

Таблица 1

Перечень материалов и величины навесок  
для измерения удельной поверхности на приборе ИУП

| № п/п | Наименование материалов | Плотность материала (средн.), $\text{г}/\text{см}^3$ | Масса навески материала, г |
|-------|-------------------------|--|----------------------------|
| 1     | 2                       | 3  | 4                          |
| 1     | Известь-пушонка         | 2,20   | 7,32                       |
| 2     | Графит                  | 2,28   | 7,59                       |
| 3     | Пегматит                | 2,38   | 7,92                       |
| 4     | Пемза                   | 2,40   | 7,99                       |
| 5     | Белая сажа              | 2,45   | 8,16                       |
| 6     | Каолин                  | 2,50   | 8,33                       |
| 7     | Песок кварцевый         | 2,65   | 8,83                       |
| 8     | Кирпичный бой           | 2,66   | 8,86                       |

|    |                      |      |       |
|----|----------------------|------|-------|
| 9  | Стекольная шихта     | 2,70 | 9,00  |
| 10 | Тальк                | 2,70 | 9,00  |
| 11 | Ферросилиций         | 2,70 | 9,00  |
| 12 | Опока                | 2,73 | 9,09  |
| 13 | Асбестовая галя      | 2,79 | 9,29  |
| 14 | Известь-кипелка      | 2,80 | 9,32  |
| 15 | Шлаки                | 2,80 | 9,32  |
| 16 | Известняк            | 2,80 | 9,32  |
| 17 | Доломит              | 2,90 | 9,66  |
| 18 | Цемент               | 3,00 | 10,00 |
| 19 | Зола                 | 3,00 | 10,00 |
| 20 | Клинкер              | 3,00 | 10,00 |
| 21 | Очажные остатки      | 3,00 | 10,00 |
| 22 | Силикатная глыба     | 3,00 | 10,00 |
| 23 | Карборунд            | 3,20 | 10,66 |
| 24 | Корунд искусственный | 3,96 | 13,19 |
| 25 | Двуокись титана      | 4,00 | 13,32 |
| 26 | Титановый концентрат | 4,30 | 14,32 |
| 27 | Гематит              | 5,10 | 17,00 |

Для большинства высокодисперсных материалов  $n=1$ , для грубодисперсных материалов  $n$  принимают больше единицы, рекомендуется  $n=3$ , тогда  $m=10\rho$ .

При анализе материалов с большой пористостью (навеска порошка может не уместиться в кювете или затруднить пользование нониусом) следует выбирать  $n$ , равное 0,5.

В тех случаях, когда измерению удельной поверхности подлежат многокомпонентные смеси, величина навески вычисляется по формуле

$$m = \frac{k \cdot n}{\frac{A}{\rho_1} + \frac{B}{\rho_2} + \frac{C}{\rho_3}}, \quad (1)$$

где  $A, B, C$  – массовые доли компонентов в смеси;

$\rho_1, \rho_2, \rho_3$  – истинные плотности соответствующих компонентов.

Положить на перфорированное дно кюветы кружок фильтровальной бумаги и через воронку засыпать навеску порошка, накрыть его кружком фильтровальной бумаги и плунжером уплотнить навеску с силой не менее 150 Н (15 кгс).

Измерить высоту  $h$  слоя порошка в кювете с помощью нониуса плунжера и шкалы на внешней поверхности кюветы, вычтя толщину двух кружков фильтровальной бумаги,

Поставить кювету около прибора и вынуть из нее плунжер. Открыть кран и создать разрежение, нажимая на кнопку. Величина

разрежения должна быть такой, чтобы жидкость в манометре поднялась не менее чем на один сантиметр выше верхней отметки шкалы. Если жидкость в манометре не поднялась на нужный уровень за одно нажатие на резиновую грушу, то следует установить кран в положение «закрыто» и еще раз нажать на кнопку и, плавно открывая кран, установить необходимый уровень жидкости в манометре.

Закрывать кран и с помощью секундомера измерить время  $T$  прохождения мениска жидкости между двумя отметками шкалы. При быстром (менее 5-6 с) опускании столба жидкости между рисками 1-2 следует произвести замер между рисками 3-4 или увеличить навеску. Измерения выполнить 5 раз. Два крайних (максимальное и минимальное) значения  $T$  отбрасываются, а по остальным трем определяется среднее арифметическое

$$T_{\text{cp}} = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3}. \quad (2)$$

Рассчитать величину удельной поверхности по формуле

$$S = k \cdot \sqrt{n} \frac{M \sqrt{T_{\text{cp}}}}{m}, \quad (3)$$

где  $k$  – постоянная прибора для соответствующего диапазона измерений,  $\text{г}^{0,5} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$M$  – табличная величина,  $\text{г}^{0,5} \cdot \text{см}^4 \cdot \text{град}^{-1}$ , определяется как функция слоя  $h$  и температуры воздуха (табл. 2);

$m$  – масса навески, г.

Таблица 2

Значения величины  $M$  в зависимости от высоты слоя дисперсного материала и температуры воздуха

| $h, \text{см}$ | Температура воздуха |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                | 11°C                | 13°C | 15°C | 17°C | 19°C | 21°C | 23°C | 25°C | 30°C |
| 0,80           | 65                  | 65   | 65   | 65   | 64   | 64   | 63   | 63   | 62   |
| 0,81           | 73                  | 73   | 73   | 73   | 72   | 72   | 71   | 71   | 70   |
| 0,82           | 81                  | 81   | 81   | 81   | 80   | 80   | 80   | 79   | 78   |
| 0,83           | 89                  | 89   | 89   | 89   | 88   | 88   | 88   | 87   | 86   |
| 0,84           | 97                  | 97   | 97   | 97   | 96   | 95   | 95   | 94   | 93   |
| 0,85           | 104                 | 104  | 104  | 104  | 104  | 103  | 103  | 102  | 101  |
| 0,86           | 111                 | 111  | 111  | 111  | 111  | 110  | 110  | 109  | 108  |
| 0,87           | 119                 | 119  | 119  | 119  | 119  | 118  | 118  | 117  | 116  |
| 0,88           | 127                 | 127  | 127  | 127  | 127  | 126  | 126  | 125  | 124  |
| 0,89           | 135                 | 135  | 135  | 135  | 135  | 134  | 134  | 133  | 132  |
| 0,90           | 143                 | 143  | 143  | 143  | 143  | 142  | 142  | 141  | 140  |
| 0,91           | 151                 | 151  | 151  | 151  | 151  | 150  | 150  | 149  | 148  |
| 0,92           | 159                 | 159  | 159  | 159  | 159  | 158  | 158  | 157  | 156  |

Продолжение табл. 2

| h, см | Температура воздуха |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | 11°C                | 13°C | 15°C | 17°C | 19°C | 21°C | 23°C | 25°C | 30°C |
| 0,93  | 168                 | 168  | 168  | 168  | 167  | 166  | 165  | 165  | 164  |
| 0,94  | 176                 | 176  | 176  | 176  | 175  | 174  | 173  | 173  | 172  |
| 0,95  | 184                 | 184  | 184  | 184  | 183  | 183  | 183  | 182  | 181  |
| 0,96  | 192                 | 192  | 192  | 192  | 192  | 191  | 191  | 190  | 189  |
| 0,97  | 201                 | 201  | 201  | 201  | 200  | 199  | 199  | 199  | 198  |
| 0,98  | 209                 | 209  | 209  | 209  | 208  | 208  | 207  | 207  | 206  |
| 0,99  | 218                 | 218  | 218  | 218  | 217  | 216  | 216  | 215  | 214  |
| 1,00  | 227                 | 227  | 226  | 226  | 225  | 224  | 224  | 223  | 221  |
| 1,01  | 235                 | 235  | 234  | 234  | 233  | 232  | 232  | 231  | 229  |
| 1,02  | 243                 | 243  | 242  | 242  | 241  | 240  | 240  | 239  | 237  |
| 1,03  | 251                 | 251  | 250  | 250  | 249  | 248  | 248  | 247  | 245  |
| 1,04  | 261                 | 259  | 258  | 258  | 257  | 256  | 255  | 254  | 252  |
| 1,05  | 269                 | 268  | 267  | 266  | 265  | 265  | 264  | 263  | 261  |
| 1,06  | 277                 | 276  | 275  | 275  | 274  | 273  | 273  | 272  | 270  |
| 1,07  | 285                 | 285  | 284  | 283  | 282  | 281  | 281  | 280  | 278  |
| 1,08  | 294                 | 293  | 292  | 291  | 290  | 289  | 289  | 288  | 286  |
| 1,09  | 299                 | 299  | 298  | 297  | 296  | 295  | 295  | 294  | 292  |
| 1,10  | 308                 | 307  | 306  | 305  | 304  | 303  | 303  | 302  | 300  |
| 1,11  | 317                 | 316  | 315  | 314  | 313  | 312  | 311  | 310  | 308  |
| 1,12  | 326                 | 325  | 324  | 323  | 322  | 321  | 320  | 319  | 317  |
| 1,13  | 334                 | 333  | 332  | 331  | 330  | 329  | 328  | 327  | 325  |
| 1,14  | 342                 | 341  | 340  | 339  | 338  | 337  | 336  | 335  | 332  |
| 1,15  | 350                 | 349  | 348  | 347  | 346  | 345  | 344  | 343  | 340  |
| 1,16  | 358                 | 357  | 356  | 355  | 354  | 353  | 352  | 351  | 348  |
| 1,17  | 366                 | 365  | 364  | 363  | 362  | 361  | 360  | 359  | 356  |
| 1,18  | 375                 | 374  | 373  | 372  | 371  | 370  | 369  | 368  | 365  |
| 1,19  | 384                 | 383  | 382  | 381  | 380  | 379  | 377  | 376  | 373  |
| 1,20  | 392                 | 391  | 390  | 389  | 388  | 387  | 386  | 385  | 382  |
| 1,21  | 400                 | 399  | 398  | 397  | 396  | 394  | 393  | 392  | 389  |
| 1,22  | 408                 | 407  | 406  | 405  | 404  | 402  | 401  | 400  | 397  |
| 1,23  | 417                 | 416  | 415  | 413  | 412  | 410  | 409  | 408  | 405  |
| 1,24  | 424                 | 423  | 422  | 421  | 420  | 419  | 418  | 416  | 413  |
| 1,25  | 431                 | 430  | 429  | 428  | 427  | 425  | 424  | 423  | 420  |
| 1,26  | 439                 | 438  | 437  | 436  | 434  | 433  | 432  | 431  | 428  |
| 1,27  | 446                 | 445  | 444  | 443  | 441  | 440  | 439  | 438  | 435  |
| 1,28  | 454                 | 453  | 452  | 451  | 450  | 448  | 447  | 446  | 443  |
| 1,29  | 462                 | 461  | 460  | 459  | 457  | 456  | 455  | 454  | 451  |
| 1,30  | 470                 | 469  | 468  | 467  | 465  | 464  | 463  | 462  | 459  |
| 1,31  | 480                 | 479  | 477  | 475  | 473  | 472  | 471  | 469  | 466  |
| 1,32  | 488                 | 487  | 485  | 483  | 481  | 479  | 478  | 477  | 474  |
| 1,33  | 496                 | 495  | 493  | 491  | 489  | 487  | 486  | 485  | 481  |
| 1,34  | 504                 | 503  | 501  | 499  | 497  | 495  | 494  | 493  | 489  |
| 1,35  | 511                 | 510  | 508  | 506  | 504  | 502  | 501  | 500  | 496  |
| 1,36  | 518                 | 517  | 515  | 513  | 512  | 510  | 509  | 507  | 504  |
| 1,37  | 525                 | 524  | 522  | 520  | 519  | 517  | 515  | 514  | 510  |

## Продолжение табл. 2

| $h$ , см | Температура воздуха |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          | 11°C                | 13°C | 15°C | 17°C | 19°C | 21°C | 23°C | 25°C | 30°C |
| 1,38     | 532                 | 531  | 529  | 527  | 526  | 524  | 523  | 521  | 518  |
| 1,39     | 539                 | 538  | 536  | 534  | 532  | 531  | 529  | 528  | 524  |
| 1,40     | 547                 | 546  | 544  | 542  | 540  | 538  | 537  | 536  | 532  |
| 1,41     | 555                 | 554  | 552  | 550  | 549  | 547  | 546  | 544  | 540  |
| 1,42     | 562                 | 561  | 559  | 557  | 556  | 554  | 553  | 551  | 541  |
| 1,43     | 570                 | 569  | 567  | 565  | 564  | 562  | 561  | 559  | 555  |
| 1,44     | 577                 | 576  | 574  | 572  | 571  | 569  | 568  | 565  | 561  |
| 1,45     | 584                 | 583  | 581  | 579  | 578  | 576  | 575  | 574  | 570  |
| 1,46     | 591                 | 590  | 588  | 586  | 584  | 582  | 581  | 578  | 574  |
| 1,47     | 598                 | 597  | 595  | 593  | 591  | 589  | 588  | 586  | 581  |
| 1,48     | 605                 | 604  | 602  | 600  | 599  | 597  | 595  | 593  | 589  |
| 1,49     | 612                 | 611  | 609  | 607  | 606  | 604  | 602  | 600  | 596  |
| 1,50     | 619                 | 918  | 616  | 614  | 613  | 611  | 609  | 607  | 603  |
| 1,51     | 628                 | 627  | 625  | 623  | 621  | 619  | 618  | 616  | 612  |
| 1,52     | 635                 | 634  | 632  | 630  | 628  | 626  | 625  | 623  | 618  |
| 1,53     | 642                 | 641  | 639  | 637  | 635  | 633  | 632  | 630  | 625  |
| 1,54     | 649                 | 648  | 646  | 644  | 642  | 640  | 639  | 637  | 633  |
| 1,55     | 656                 | 655  | 653  | 651  | 649  | 647  | 646  | 644  | 640  |
| 1,56     | 663                 | 662  | 660  | 658  | 656  | 654  | 652  | 650  | 646  |
| 1,57     | 670                 | 669  | 667  | 665  | 663  | 661  | 659  | 657  | 653  |
| 1,58     | 677                 | 676  | 674  | 672  | 670  | 668  | 666  | 664  | 659  |
| 1,59     | 684                 | 683  | 681  | 679  | 677  | 675  | 673  | 671  | 667  |
| 1,60     | 691                 | 690  | 688  | 686  | 684  | 682  | 680  | 678  | 672  |
| 1,61     | 697                 | 696  | 694  | 692  | 690  | 688  | 686  | 684  | 679  |
| 1,62     | 704                 | 703  | 701  | 699  | 697  | 695  | 693  | 691  | 686  |
| 1,63     | 711                 | 710  | 708  | 706  | 704  | 702  | 700  | 698  | 692  |
| 1,64     | 719                 | 718  | 715  | 713  | 711  | 709  | 707  | 705  | 700  |
| 1,65     | 724                 | 723  | 721  | 719  | 717  | 715  | 713  | 711  | 705  |
| 1,66     | 731                 | 730  | 728  | 726  | 724  | 722  | 720  | 718  | 713  |
| 1,67     | 738                 | 737  | 735  | 733  | 731  | 729  | 727  | 725  | 719  |
| 1,68     | 745                 | 744  | 741  | 739  | 737  | 735  | 733  | 731  | 725  |
| 1,69     | 752                 | 750  | 748  | 746  | 744  | 742  | 740  | 738  | 732  |
| 1,70     | 759                 | 757  | 755  | 753  | 751  | 749  | 747  | 745  | 740  |
| 1,71     | 767                 | 765  | 762  | 760  | 758  | 756  | 754  | 753  | 748  |
| 1,72     | 773                 | 771  | 769  | 767  | 765  | 763  | 761  | 759  | 754  |
| 1,73     | 780                 | 778  | 775  | 773  | 771  | 769  | 767  | 765  | 760  |
| 1,74     | 785                 | 783  | 781  | 779  | 777  | 775  | 773  | 771  | 766  |
| 1,75     | 791                 | 789  | 787  | 785  | 783  | 781  | 779  | 777  | 771  |
| 1,76     | 798                 | 796  | 794  | 792  | 790  | 788  | 786  | 783  | 778  |
| 1,77     | 805                 | 803  | 801  | 799  | 796  | 794  | 792  | 790  | 785  |
| 1,78     | 812                 | 810  | 808  | 806  | 804  | 802  | 800  | 797  | 792  |
| 1,79     | 818                 | 816  | 814  | 812  | 810  | 808  | 806  | 803  | 797  |
| 1,80     | 825                 | 823  | 821  | 819  | 817  | 815  | 813  | 810  | 805  |
| 1,81     | 831                 | 829  | 827  | 825  | 823  | 821  | 819  | 816  | 811  |
| 1,82     | 837                 | 835  | 833  | 831  | 829  | 827  | 825  | 822  | 816  |



Продолжение табл. 2

| h, см | Температура воздуха |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | 11°C                | 13°C | 15°C | 17°C | 19°C | 21°C | 23°C | 25°C | 30°C |
| 1,83  | 843                 | 841  | 839  | 837  | 835  | 833  | 831  | 828  | 823  |
| 1,84  | 849                 | 847  | 845  | 843  | 841  | 839  | 837  | 834  | 829  |
| 1,85  | 855                 | 853  | 851  | 849  | 847  | 845  | 843  | 840  | 835  |
| 1,86  | 861                 | 859  | 857  | 855  | 852  | 849  | 847  | 845  | 840  |
| 1,87  | 867                 | 865  | 863  | 861  | 858  | 855  | 853  | 851  | 845  |
| 1,88  | 873                 | 871  | 869  | 867  | 864  | 861  | 859  | 857  | 851  |
| 1,89  | 879                 | 877  | 875  | 873  | 871  | 869  | 866  | 863  | 857  |
| 1,90  | 885                 | 883  | 881  | 879  | 876  | 873  | 871  | 869  | 863  |
| 1,91  | 892                 | 890  | 888  | 886  | 883  | 880  | 878  | 876  | 870  |
| 1,92  | 899                 | 897  | 895  | 893  | 891  | 888  | 886  | 883  | 877  |
| 1,93  | 905                 | 903  | 901  | 899  | 896  | 893  | 891  | 889  | 884  |
| 1,94  | 911                 | 909  | 907  | 905  | 902  | 900  | 897  | 895  | 890  |
| 1,95  | 917                 | 915  | 913  | 911  | 909  | 906  | 903  | 901  | 895  |
| 1,96  | 923                 | 921  | 919  | 917  | 914  | 911  | 909  | 907  | 901  |
| 1,97  | 930                 | 928  | 926  | 924  | 921  | 918  | 916  | 914  | 908  |
| 1,98  | 936                 | 934  | 932  | 930  | 927  | 924  | 922  | 920  | 914  |
| 1,99  | 942                 | 940  | 938  | 936  | 933  | 930  | 928  | 926  | 920  |
| 2,00  | 949                 | 947  | 945  | 942  | 939  | 935  | 934  | 932  | 925  |
| 2,05  | 982                 | 980  | 975  | 972  | 969  | 967  | 964  | 961  | 955  |
| 2,10  | 1012                | 1010 | 1005 | 1002 | 999  | 996  | 993  | 991  | 985  |
| 2,15  | 1041                | 1039 | 1035 | 1031 | 1029 | 1026 | 1023 | 1021 | 1011 |
| 2,20  | 1069                | 1067 | 1063 | 1059 | 1056 | 1053 | 1050 | 1048 | 1039 |
| 2,25  | 1098                | 1096 | 1091 | 1087 | 1084 | 1081 | 1078 | 1075 | 1064 |
| 2,30  | 1123                | 1121 | 1117 | 1114 | 1111 | 1108 | 1105 | 1102 | 1092 |
| 2,35  | 1149                | 1147 | 1144 | 1141 | 1138 | 1135 | 1132 | 1129 | 1120 |
| 2,40  | 1178                | 1176 | 1172 | 1168 | 1164 | 1160 | 1157 | 1154 | 1144 |
| 2,45  | 1205                | 1203 | 1199 | 1195 | 1191 | 1187 | 1184 | 1181 | 1170 |
| 2,50  | 1231                | 1228 | 1224 | 1221 | 1217 | 1213 | 1209 | 1206 | 1196 |
| 2,55  | 1259                | 1256 | 1250 | 1246 | 1242 | 1238 | 1234 | 1231 | 1221 |
| 2,60  | 1283                | 1280 | 1276 | 1272 | 1268 | 1264 | 1260 | 1257 | 1246 |
| 2,65  | 1306                | 1303 | 1300 | 1297 | 1294 | 1290 | 1286 | 1283 | 1271 |
| 2,70  | 1333                | 1330 | 1326 | 1322 | 1318 | 1314 | 1310 | 1308 | 1295 |
| 2,75  | 1357                | 1354 | 1350 | 1346 | 1342 | 1338 | 1334 | 1330 | 1320 |
| 2,80  | 1385                | 1382 | 1376 | 1370 | 1366 | 1362 | 1358 | 1354 | 1342 |
| 2,85  | 1405                | 1402 | 1398 | 1394 | 1390 | 1386 | 1382 | 1378 | 1364 |
| 2,90  | 1429                | 1426 | 1421 | 1417 | 1413 | 1409 | 1405 | 1401 | 1390 |
| 2,95  | 1451                | 1448 | 1444 | 1440 | 1436 | 1432 | 1428 | 1424 | 1411 |
| 3,00  | 1474                | 1471 | 1467 | 1463 | 1459 | 1455 | 1451 | 1447 | 1432 |
| 3,05  | 1495                | 1493 | 1488 | 1484 | 1481 | 1477 | 1473 | 1469 | 1459 |
| 3,10  | 1518                | 1515 | 1510 | 1505 | 1502 | 1498 | 1494 | 1490 | 1480 |
| 3,15  | 1541                | 1538 | 1533 | 1528 | 1525 | 1521 | 1517 | 1513 | 1503 |
| 3020  | 1562                | 1559 | 1554 | 1549 | 1546 | 1542 | 1538 | 1534 | 1524 |
| 3,25  | 1584                | 1580 | 1575 | 1571 | 1568 | 1564 | 1559 | 1555 | 1545 |
| 3,30  | 1608                | 1604 | 1599 | 1594 | 1591 | 1587 | 1582 | 1578 | 1568 |
| 3,35  | 1629                | 1625 | 1620 | 1615 | 1611 | 1607 | 1602 | 1598 | 1588 |

Продолжение табл. 2

| $h$ , см | Температура воздуха |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          | 11°C                | 13°C | 15°C | 17°C | 19°C | 21°C | 23°C | 25°C | 30°C |
| 3,40     | 1651                | 1647 | 1642 | 1637 | 1633 | 1629 | 1624 | 1620 | 1610 |
| 3,45     | 1671                | 1666 | 1661 | 1656 | 1652 | 1648 | 1643 | 1639 | 1629 |
| 3,50     | 1692                | 1688 | 1683 | 1678 | 1674 | 1670 | 1665 | 1661 | 1650 |
| 3,55     | 1713                | 1709 | 1704 | 1699 | 1695 | 1691 | 1686 | 1682 | 1671 |
| 3,60     | 1732                | 1728 | 1723 | 1718 | 1714 | 1710 | 1705 | 1701 | 1690 |
| 3,65     | 1752                | 1748 | 1743 | 1738 | 1734 | 1730 | 1725 | 1724 | 1710 |
| 3,70     | 1771                | 1767 | 1762 | 1757 | 1753 | 1748 | 1743 | 1739 | 1728 |
| 3,75     | 1793                | 1789 | 1784 | 1779 | 1775 | 1770 | 1765 | 1761 | 1749 |
| 3,80     | 1813                | 1808 | 1803 | 1798 | 1794 | 1789 | 1784 | 1780 | 1768 |
| 3,85     | 1834                | 1829 | 1824 | 1819 | 1815 | 1810 | 1805 | 1800 | 1788 |
| 3,90     | 1851                | 1846 | 1841 | 1836 | 1832 | 1827 | 1822 | 1817 | 1805 |
| 3,95     | 1872                | 1867 | 1863 | 1858 | 1854 | 1849 | 1844 | 1839 | 1827 |
| 4,00     | 1891                | 1886 | 1881 | 1875 | 1871 | 1866 | 1861 | 1856 | 1844 |
| 4,05     | 1909                | 1904 | 1899 | 1893 | 1889 | 1884 | 1879 | 1874 | 1862 |
| 4,10     | 1927                | 1922 | 1917 | 1911 | 1907 | 1902 | 1897 | 1892 | 1880 |
| 4,15     | 1947                | 1942 | 1937 | 1931 | 1927 | 1922 | 1917 | 1912 | 1899 |
| 4,20     | 1964                | 1959 | 1954 | 1948 | 1944 | 1939 | 1934 | 1929 | 1916 |
| 4,25     | 1984                | 1979 | 1973 | 1967 | 1963 | 1958 | 1953 | 1948 | 1935 |
| 4,30     | 2002                | 1997 | 1991 | 1986 | 1981 | 1976 | 1971 | 1966 | 1953 |
| 4,35     | 2022                | 2017 | 2011 | 2005 | 2000 | 1995 | 1990 | 1985 | 1972 |
| 4,40     | 2037                | 2032 | 2026 | 2020 | 2015 | 2010 | 2005 | 2000 | 1987 |
| 4,45     | 2057                | 2052 | 2046 | 2040 | 2035 | 2030 | 2024 | 2019 | 2006 |
| 4,50     | 2071                | 2066 | 2060 | 2054 | 2049 | 2044 | 2038 | 2033 | 2020 |
| 4,55     | 2091                | 2086 | 2080 | 2074 | 2069 | 2064 | 2058 | 2053 | 2039 |
| 4,60     | 2109                | 2104 | 2098 | 2092 | 2087 | 2082 | 2066 | 2061 | 2057 |
| 4,65     | 2128                | 2123 | 2117 | 2111 | 2106 | 2101 | 2095 | 2090 | 2076 |
| 4,70     | 2143                | 2138 | 2132 | 2126 | 2121 | 2116 | 2109 | 2104 | 2090 |
| 4,75     | 2164                | 2159 | 2153 | 2144 | 2139 | 2134 | 2127 | 2122 | 2108 |
| 4,80     | 2177                | 2172 | 2166 | 2160 | 2154 | 2149 | 2142 | 2137 | 2123 |
| 4,85     | 2195                | 2190 | 2184 | 2178 | 2172 | 2167 | 2160 | 2155 | 2141 |
| 4,90     | 2212                | 2207 | 2201 | 2195 | 2189 | 2184 | 2177 | 2172 | 2158 |
| 4,95     | 2228                | 2223 | 2217 | 2211 | 2205 | 2200 | 2193 | 2188 | 2174 |
| 5,00     | 2243                | 2238 | 2232 | 2226 | 2220 | 2215 | 2208 | 2203 | 2189 |
| 5,05     | 2260                | 2255 | 2250 | 2244 | 2238 | 2233 | 2226 | 2221 | 2207 |
| 5,10     | 2277                | 2272 | 2265 | 2259 | 2253 | 2247 | 2240 | 2235 | 2221 |
| 5,15     | 2292                | 2287 | 2281 | 2275 | 2269 | 2263 | 2256 | 2251 | 2236 |
| 5,20     | 2308                | 2303 | 2296 | 2290 | 2284 | 2278 | 2271 | 2266 | 2251 |
| 5,25     | 2323                | 2318 | 2311 | 2305 | 2299 | 2293 | 2286 | 2281 | 2266 |
| 5,30     | 2343                | 2338 | 2331 | 2324 | 2318 | 2312 | 2305 | 2300 | 2285 |
| 5,35     | 2357                | 2352 | 2345 | 2338 | 2332 | 2326 | 2319 | 2314 | 2299 |
| 5,40     | 2372                | 2367 | 2360 | 2353 | 2347 | 2341 | 2334 | 2329 | 2314 |
| 5,45     | 2391                | 2386 | 2379 | 2372 | 2366 | 2360 | 2353 | 2348 | 2333 |
| 5,50     | 2413                | 2407 | 2400 | 2393 | 2388 | 2382 | 2375 | 2369 | 2354 |
| 5,55     | 2420                | 2416 | 2409 | 2402 | 2396 | 2390 | 2383 | 2377 | 2362 |
| 5,60     | 2436                | 2430 | 2423 | 2416 | 2410 | 2404 | 2397 | 2391 | 2376 |

## Окончание табл. 2

| h, см | Температура воздуха |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | 11°C                | 13°C | 15°C | 17°C | 19°C | 21°C | 23°C | 25°C | 30°C |
| 5,65  | 2453                | 2447 | 2440 | 2433 | 2427 | 2421 | 2414 | 2408 | 2393 |
| 5,70  | 2466                | 2460 | 2453 | 2446 | 2440 | 2434 | 2427 | 2421 | 2405 |
| 5,75  | 2483                | 2477 | 2470 | 2463 | 2457 | 2451 | 2444 | 2438 | 2422 |
| 5,80  | 2496                | 2490 | 2483 | 2476 | 2470 | 2464 | 2457 | 2451 | 2435 |
| 5,85  | 2513                | 2507 | 2500 | 2493 | 2487 | 2481 | 2473 | 2467 | 2451 |
| 5,90  | 2527                | 2521 | 2514 | 2507 | 2501 | 2495 | 2487 | 2481 | 2465 |
| 5,95  | 2542                | 2536 | 2528 | 2521 | 2515 | 2506 | 2498 | 2492 | 2476 |
| 6,00  | 2556                | 2550 | 2542 | 2535 | 2529 | 2523 | 2515 | 2509 | 2493 |

Полученные данные представить в табличной форме (табл.3).

Таблица 3

| Наименование вяжущего | Значение поверхности S, см <sup>2</sup> /г |
|-----------------------|--|
|                       |  |

Вопросы для самоконтроля

- 1.Что такое удельная поверхность?
- 2.Какова размерность удельной поверхности?
- 3.На чем основан метод определения удельной поверхности?
- 4.На каких приборах определяют удельную поверхность?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рыбьев, И.А. Строительное материаловедение [Текст] / И.А. Рыбьев.– М.: Высшая школа, 2007. – 572 с.
2. Материаловедение. Технология конструкционных материалов [Текст]: учебно-методическое пособие / Е.В. Королев [и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2009.
3. Королев, Е.В. Сборник задач по строительному материаловедению [Текст]: учебное пособие / Е.В. Королев. – Пенза: ПГУАС, 2010.
4. Дворкин, Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности [Текст] / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов н/Д: Феникс, 2007.
5. Худяков, В.А. Современные композиционные строительные материалы [Текст] / В.А. Худяков.– Ростов н/Д: Феникс, 2007.

Учебное издание

Логанина Валентина Ивановна  
Макарова Людмила Викторовна  
Тарасов Роман Викторович

## УДЕЛЬНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания  
к выполнению самостоятельной работы

Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова

Редактор      М.А. Сухова  
Верстка      Н.А. Сазонова

---

Подписано в печать 6.05.2014. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 0,7. Уч.-изд.л. 0,75. Тираж 80 экз.  
Заказ №130.

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28