|  |  |
| --- | --- |
| Расчет по определению несущей способности прокатной балки при совместном действии осевой силы и изгибающего момента  | Осьтік күш пен иілу моментінің бірлескен әсер ету кезінде прокатты арқалықтың жүк көтергіштігін анықтау  |
| Исходные данные: стержень из стального прокатного профиля 35Б2 сжат продольной силой 1100кН. Материал - сталь марки S235 с номинальным значением предела текучести fу =235 МПа (см. Таблицу 2) | Бастапқы деректер: 35Б2 болат прокат профилінің сырығы 1100 кН бойлық күшпен сығылған. Материал-ағымдылық шегінің номиналды мәні fу =235 МПа S235 маркалы болат (2-кестені қараңыз) |
| Профиль 35Б2 имеет следующие геометрические характеристики: | 35Б2 профилі келесі геометриялық сипаттамаларға ие: |

Iх =13559,01 см4, Wх =774,8 см3, Sx =433,96 см3, iх =146,54 мм, Iу =984,34см4 Wу =112,5 см3, Sy=86,79 см3, iу=39,48 мм

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер профиля  | Номинальные размеры, мм  | Номинальная площадь поперечного сечения Fн, см2  | Номинальная масса 1 м двутавра, кг  |
| h  | b  | S  |  t  | h w | bw | г |
| 35Б2 | 350 | 175 | 7 | 11 | 328 | 84 | 14 | 63,14 | 49,6 |

|  |  |
| --- | --- |
| 1. 1. Проверка несущей способности по прочности
 | 1. Көтергіш қабілетін беріктігі бойынша тексеру |
| * 1. Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающего момента
 | 1.1 бойлық күш пен иілу моментінің бірлескен әсер ету кезіндегі беріктік |
| Уменьшение (редукция) расчетной несущей способности при изгибе от совместного действия сжимающей силы отсутствует, если будет выполняться два условия: | Егер екі шарт орындалса, қысу күшінің бірлескен әрекетінен иілу кезінде есептік көтергіш қабілетінің азаюы (редукциясы) болмайды: |

а) первое условие Формулы формуланың бірінші шарты

Nеd<0,25Nрl,Rd

Частные коэффициенты безопасности

ℽМО =1, ℽМ1 =1

Отсюда осы жерде

0,25Nрl,Rd = 0,25·$\frac{А·fу}{ℽМО}$ =0,25$\frac{63,14·235·100}{1}$ = 0,25·1483790 = 370947,5Н=370,94кН

Проверка условия: Шартты тексеру

1100кН>370,94кН

Условие не выполняется. Шарт орындалмайды

б) второе условие Формулы формуланың екінші шарты

Nеd≤ (0,5t·hw·fу)/ ℽМО = (0,5·11·328·235)/1,0 = 423940Н=423,94кН

Проверка условия: Шартты тексеру

1100кН>423,94кН

|  |  |
| --- | --- |
| Следовательно, необходимо учитывать влияние продольной силы при определении несущей способности при изгибе. | Сондықтан иілу кезінде жүк көтергіштігін анықтауда бойлық күштің әсерін ескеру қажет. |
| 1.2 Расчет несущей способности по изгибающему моменту для поперечных сечений классов 1 и 2 при действии осевой силы следует учитывать ее влияние на несущую способность на изгиб в пластической стадии | 1.2 иілу моменті бойынша көтеру қабілетін есептеу1 және 2-сыныптардың көлденең қималары үшін осьтік күш әсер еткен кезде оның пластикалық кезеңдегі иілуге көтеру қабілетіне әсерін ескеру қажет |
| Условие прочности по Формуле | Формула бойынша беріктік шарты |

Меd ≤ МNRd

|  |  |
| --- | --- |
| Расчетное значение несущей способности при изгибе в пластической стадии, уменьшенное вследствие действия осевой силы, определяется по Формуле: | Осьтік күштің әсерінен азайтылған пластикалық стадиядағы иілу кезіндегі көтеру қабілетінің есептік мәні келесі формула бойынша анықталады: |

МNRd = Мрl,Rd·$\frac{1-n}{1-0,5а}$

где n= Nеd/ Nрl,Rd = 1100 / 1483,790 = 0,741

 а = $\frac{(А-2b·tf)}{А}$ = $\frac{(А-b·\left(h-hw\right)) }{А}$ = $\frac{63,14·100- 175·(350-328)}{63,14·100}$ =0,39

Значит Демек

Мрl,Rd = Wрl·fу / γМО = 774,8·1000·235/ 1,0 = 182078000 Н·мм=182 кН·м

Таким образом, Осылайша

МNRd = Мрl,Rd·$\frac{1-n}{1-0,5а}$ = 182·$\frac{1-0,741}{1-0,5·0,39}$ = 58,55кН·м

|  |  |
| --- | --- |
| Следовательно, балка 35Б2 выдержит дополнительно изгибающий момент в 58,55 кНм при совместном действии продольной силы в 1100кН. | Демек, 35Б2 арқалығы 1100кН бойлық күшінің бірлескен әсері кезінде қосымша 58,55 кНм иілу моментін көтере алады. |

К

Кесте 1 - Прокатты болат арқалықтарын есептеуге арналған бастапқы мәліметтер

Таблица 1 - Исходные данные для расчёта стальных прокатных балок

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № есептер варианты вариантов задач | ФИО студентов | Бойлық күшПродольная сила, кН | № Қоставр двутавра | Болат маркасыМарка стали  |
| 1 |  | 2 | 3 | 5 |
| 12345678910111213141516171819202122232425262728293031323334353637383940414243444546474849505152535455565758 |  | 70 80 85 105 110,0 125 135 155 165 190 190 230 270 275 275 390 400320 320480 495 380 456 640 700 65068010001000 80080011001100860 860 1200 1200 1900 1100 140014001900 1200 1600 1600 2000 1600 20002000 2600 95110 110 140 140160170170 | 10Б112Б112Б2 14Б1 14Б2 16Б116Б218Б118Б220Б020Б120Б220БЗ25Б125Б225БЗ25Б430Б130Б230БЗ30Б435Б135Б235Б335Б440Б140Б240Б340Б445Б145Б245Б345Б450Б150Б250Б350Б450Б555Б155Б255Б355Б460Б160Б260Б360Б470Б170Б270БЗ70Б410Б1 12Б1 12Б2 14Б1 14Б2 16Б116Б218Б1 | S 235 S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 235S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 275S 235S 235 |

2 кесте - Ыстықтай илектелген конструкциялық Болаттың fу аққыштық шегінің және fu созылуға уақытша кедергісінің номиналды мәндері

Таблица 2 - Номинальные значения предела текучести fy и временного сопротивления на растяжение fu горячекатаной конструкционной стали

|  |  |
| --- | --- |
| Болаттың стандарты мен маркасыСтандарти марка стали | Элементтің номиналды қалыңдығы t, мм Номинальная толщина элемента t, мм |
| t ≤ 40 мм  | 40 мм < t ≤ 80 мм |
| fy (Н/мм2) | fu (Н/мм2) | fy (Н/мм2) | fu (Н/мм2) |
| ЕN 10025-2 S 235 S 275 S 355 S 450  | 235 275 355 440  | 360 430 510 550  | 215 255 335 410  | 360 410 470 550  |

Кесте - МемСт Р 57837—2017 бойынша қоставрлы арқалықтар

Таблица 3- Балки двутавровые по ГОСТ Р 57837—2017

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер профиля  | Номинальные размеры, мм  | Номинальная площадь поперечного сечения Fн, см2  | Номинальная масса 1 м двутавра, кг  | Справочные величины для осей профиля  |
| h  | b  | S  |  t  | h w | bw | r | Iх, см4  | Wх, см3  | Sx, см3  | iх, мм  | Iу, см4  | Wу, см3  | Sy см3  | iу мм |
| Тип Б — Балочные нормальные двутавры |
| 10Б1  | 100,0  | 55,0  | 4,1  | 5,7  | 88,6  | 25,45  | 7,0  | 10,32  | 8,10  | 171,01  | 34,20  | 19,70  | 40,70  | 15,92  | 5,79  | 4,57  | 12,42 |
| 12Б1  | 117,6  | 64,0  | 3,8  | 5,1  | 107,4  | 30,10  | 7,0  | 11,03  | 8,70  | 257,36  | 43,80  | 24,94  | 48,30  | 22,39  | 7,00  | 5,49  | 14,25 |
| 12Б2  | 120,0  | 64,0  | 4,4  | 6,3  | 107,4  | 29,80  | 7,0 | 13,21  | 10,40  | 317,75  | 53,00  | 30,36  | 49,04  | 27,67  | 8,65  | 6,79  | 14,47  |
| 14Б1  | 137,4  | 73,0  | 3,8  | 5,6  | 126,2  | 34,60  | 7,0  | 13,39  | 10,50  | 434,86  | 63,30  | 35,80  | 56,98  | 36,42  | 9,98  |  7,76  | 16,49  |
| 14Б2  | 140,0 | 73,0 | 4,7 | 6,9 | 126,2 | 34,15 | 7,0 | 16,43 | 12,90 | 541,22 | 77,30 | 44,17 | 57,40 | 44,92 | 12,31 | 9,62 | 16,54 |
| 16Б1 | 157,0 | 82.0 | 4.0 | 5,9 | 145,2 | 39,00 | 9.0 | 16,18 | 12,70 | 689,28 | 87,80 | 49,55 | 65,27 | 54,43 | 13,27 | 10,35 | 18.34 |
| 16Б2 | 160,0 | 82.0 | 5.0 | 7,4 | 145,2 | 38,50 | 9.0 | 20,09 | 15,80 | 869,29 | 108,70 | 61,93 | 65,78 | 68,31 | 16.66 | 13,05 | 18,44 |
| 18Б1 | 177,0 | 91.0 | 4.3 | 6.5 | 164.0 | 43,35 | 9.0 | 19,58 | 15,40 | 1062,74 | 120,10 | 67.66 | 73,68 | 81,89 | 18,00 | 13,98 | 20.45 |
| 18Б2 | 180,0 | 91.0 | 5.3 | 8.0 | 164.0 | 42,85 | 9.0 | 23,95 | 18,80 | 1316,96 | 146,30 | 83,21 | 74.16 | 100,85 | 22,16 | 17,30 | 20.52 |
| 20Б0 | 198,0 | 99.0 | 4,5 | 7,0 | 184,0 | 47,25 | 11,0 | 23,18 | 18,20 | 1581,56 | 159,80 | 89 88 | 82,60 | 113,62 | 22,95 | 17,86 | 22,14 |
| 20Б1 | 200,0 | 100,0 | 5.5 | 8.0 | 184.0 | 47,25 | 11.0 | 27,16 | 21,30 | 1844,26 | 184,40 | 104,73 | 82.41 | 133,91 | 26,78 | 20,97 | 22.21 |
| 20Б2 | 203,0 | 101,0 | 6.5 | 9.5 | 184,0 | 47,25 | 11.0 | 32,19 | 25,30 | 2218,49 | 218,60 | 124,99 | 83,02 | 163,93 | 32,46 | 25,50 | 22.57 |
| 20БЗ | 208,0 | 102,0 | 8.0 | 12,0 | 184,0 | 47,00 | 11.0 | 40,24 | 31,60 | 2852,62 | 274,30 | 158,46 | 84,20 | 213,50 | 41.86 | 33,02 | 23,03 |
| 25Б1 | 248,0 | 124,0 | 5.0 | 8,0 | 232.0 | 59,50 | 12.0 | 32,68 | 25,70 | 3537,11 | 285,30 | 159,68 | 104,04 | 254,85 | 41,11 | 31,80 | 27.93 |
| 25Б2 | 250,0 | 125,0 | 6.0 | 9.0 | 232,0 | 59,50 | 12.0 | 37,66 | 29,60 | 4051,73 | 324,10 | 182,93 | 103,73 | 293,85 | 47,02 | 36,55 | 27,93 |
| 25БЗ | 255,0 | 126,0 | 7.5 | 11,5 | 232,0 | 59,25 | 12,0 | 47,62 | 37,40 | 5238,16 | 410,80 | 233,88 | 104,88 | 384,79 | 61,08 | 47,67 | 28,43 |
| 25Б4 | 260,0 | 127,0 | 9.0 | 14.0 | 232.0 | 59,00 | 12.0 | 57,68 | 45,30 | 6481,01 | 498,50 | 286,25 | 106,00 | 480,07 | 75,60 | 59,24 | 28.85 |
| 30Б1 | 298,0 | 149.0 | 5.5 | 8.0 | 282,0 | 71,75 | 13.0 | 40,80 | 32,00 | 6318,22 | 424.00 | 237,53 | 124.44 | 442.00 | 59.33 | 45,88 | 32.91 |
| 30Б2 | 300,0 | 150,0 | 6.5 | 9,0 | 282,0 | 71,75 | 13,0 | 46,78 | 36,70 | 7209,26 | 480,60 | 271,06 | 124,14 | 507,53 | 67,67 | 52,56 | 32,94 |
| 30БЗ | 305,0 | 151,0 | 8.0 | 11.5 | 282,0 | 71,50 | 13.0 | 58,74 | 46,10 | 9254,92 | 606.90 | 344,37 | 125,52 | 661.88 | 87,67 | 68,31 | 33.57 |
| 30Б4 | 310,0 | 152,0 | 9.5 | 14,0 | 282,0 | 71,25 | 13.0 | 70,80 | 55,60 | 11381,41 | 734.30 | 419,40 | 126,79 | 822.37 | 108,21 | 84,60 | 34.08 |
| 35Б1 | 346,0 | 174,0 | 6.0 | 9.0 | 328,0 | 84,00 | 14.0 | 52,68 | 41.40 | 11094,49 | 641.30 | 358,09 | 145,12 | 791.54 | 90,98 | 70,11 | 38.76 |
| Номер профиля  | Номинальные размеры, мм  | Номинальная площадь поперечного сечения Fн, см2  | Номинальная масса 1 м двутавра, кг  | Справочные величины для осей профиля  |
| h  | b  | S  |  t  | h w | bw | r | Iх, см4  | Wх, см3  | Sx, см3  | iх, мм  | Iу, см4  | Wу, см3  | Sy см3  | iу мм |
| 35Б2 | 350,0 | 175,0 | 7.0 | 11.0 | 328,0 | 84,00 | 14.0 | 63,14 | 49,60 | 13559,01 | 774,80 | 433,96 | 146,54 | 984,34 | 112,50 | 86,79 | 39,48 |
| 35Б3 | 355,0 | 176,0 | 8.5 | 13.5 | 328,0 | 83,75 | 14.0 | 77,08 | 60,50 | 16797,02 | 946,30 | 533,54 | 147,62 | 1229,36 | 139,70 | 108,13 | 39,94 |
| 35Б4 | 361,0 | 177,0 | 10,0 | 16,5 | 328,0 | 83,50 | 14,0 | 92,89 | 72,90 | 20719,71 | 1147,90 | 651,07 | 149,35 | 1528,90 | 172,76 | 134,02 | 40,57 |
| 40Б1 | 396.0 | 199.0 | 7.0 | 11.0 | 374,0 | 96.00 | 16.0 | 72,16 | 56,60 | 20018.83 | 1011.10 | 563,93 | 166.56 | 1447,14 | 145.44 | 111,97 | 44,78 |
| 40Б2 | 400,0 | 200,0 | 8.0 | 13,0 | 374,0 | 96.00 | 16,0 | 84.12 | 66,00 | 23704.43 | 1185.20 | 663,13 | 167,87 | 1736,39 | 173.64 | 133,82 | 45,43 |
| 40Б3 | 4C6.0 | 201.0 | 9.5 | 16,0 | 374,0 | 95,75 | 16,0 | 102,05 | 80.10 | 29352.45 | 1445,90 | 813,38 | 169.60 | 2169,89 | 215.91 | 166,74 | 46.11 |
| 40Б4 | 412.0 | 202.0 | 11.0 | 19.0 | 374.0 | 95,50 | 16.0 | 120,10 | 94.30 | 35196,83 | 1708,60 | 966,65 | 171.19 | 2616,25 | 259.03 | 200,47 | 46,67 |
| 45Б1 | 446,0 | 199.0 | 8.0 | 12.0 | 422,0 | 95,50 | 18.0 | 84.30 | 66,20 | 28697,35 | 1286,90 | 725.06 | 184.50 | 1580,03 | 158.80 | 123,29 | 43,29 |
| 45Б2 | 450,0 | 200.0 | 9.0 | 14,0 | 422,0 | 95,50 | 18,0 | 96,76 | 76,00 | 33450,76 | 1486,70 | 839,53 | 185.93 | 1871,57 | 187.16 | 145,46 | 43,98 |
| 45Б3 | 456,0 | 201.0 | 10.5 | 17.0 | 422.0 | 95,25 | 18.0 | 115,43 | 90.60 | 40710,41 | 1785,50 | 1012.55 | 187.80 | 2307.62 | 229.61 | 178,81 | 44.71 |
| 45Б4 | 462,0 | 202.0 | 12.0 | 20,0 | 422,0 | 95,00 | 18.0 | 134,22 | 105,40 | 48197,42 | 2086,50 | 1188,75 | 189,50 | 2756.66 | 272.94 | 213,01 | 45,32 |
| 50Б1 | 492,0 | 199.0 | 8.8 | 12,0 | 468,0 | 95,10 | 20,0 | 92,38 | 72,50 | 36841,89 | 1497,60 | 853,45 | 199,70 | 1581,96 | 158.99 | 124,86 | 41,38 |
| 50Б2 | 496.0 | 199.0 | 9.0 | 14.0 | 468,0 | 95,00 | 20.0 | 101,27 | 79,50 | 41869,08 | 1688,30 | 957,23 | 203.33 | 1844,89 | 185.42 | 144,88 | 42,68 |
| 50Б3 | 500,0 | 200,0 | 10,0 | 16,0 | 468,0 | 95,00 | 20,0 | 114,23 | 89,70 | 47846,05 | 1913,80 | 1087,59 | 204,66 | 2140,79 | 214,08 | 167,48 | 43,29 |
| 50Б4 | 508,0 | 201,0 | 12,0 | 20,0 | 468,0 | 94,50 | 20,0 | 139,99 | 109,90 | 59953,57 | 2360,40 | 1348,82 | 206,94 | 2717,85 | 270.43 | 212,23 | 44,06 |
| 50Б5 | 516.0 | 202.0 | 15.0 | 24.0 | 468,0 | 93,50 | 20.0 | 170,59 | 133.90 | 73345,26 | 2842,80 | 1642,68 | 207.35 | 3315,53 | 328.27 | 260,04 | 44.09 |
| 55Б1 | 543,0 | 220.0 | 9,5 | 13.5 | 516,0 | 105,25 | 24.0 | 113,36 | 89,00 | 55677,42 | 2050,70 | 1164 94 | 221,62 | 2405,54 | 218,69 | 171,67 | 46,06 |
| 55Б2 | 547.0 | 220.0 | 10.0 | 15.5 | 516.0 | 105.00 | 24,0 | 124,74 | 97.90 | 62784.45 | 2295.60 | 1301,49 | 224.34 | 2761,34 | 251.03 | 196,56 | 47,05 |
| 55Б3 | 553.0 | 221.0 | 12.0 | 18.5 | 516.0 | 104.50 | 24,0 | 148,63 | 116,70 | 75321.22 | 2724.10 | 1554,49 | 225,11 | 3342,92 | 302.53 | 237,99 | 47.42 |
| 55Б4 | 560,0 | 222,0 | 14,0 | 22,0 | 516,0 | 104,00 | 24.0 | 174,86 | 137.30 | 89907,09 | 3211,00 | 1842,20 | 226,75 | 4032.07 | 363.25 | 286,76 | 48,02 |
| 60Б1 | 596.0 | 199.0 | 10.0 | 15.0 | 566,0 | 94.50 | 22,0 | 120,45 | 94,60 | 68715,90 | 2305.90 | 1325,36 | 238.85 | 1979,66 | 198.96 | 157,64 | 40,54 |
| 60Б2 | 600,0 | 200.0 | 11.0 | 17.0 | 566,0 | 94.50 | 22,0 | 134.41 | 105.50 | 77632,25 | 2587,70 | 1489,36 | 240,32 | 2278,16 | 227.82 | 180,72 | 41,17 |
| 60Б3 | 604,0 | 201,0 | 12.5 | 19,0 | 566,0 | 94,25 | 22,0 | 151,28 | 118,80 | 87472,10 | 2895,40 | 1675,38 | 240,46 | 2586,62 | 257.38 | 205,28 | 41,35 |
| 60Б4 | 612.0 | 202.0 | 15.0 | 23.0 | 566.0 | 93.50 | 22.0 | 181.97 | 142.90 | 106509.50 | 3480,70 | 2026.68 | 241.93 | 3182.62 | 315,11 | 253.12 | 41,82 |
| 70Б1 | 691,0 | 260.0 | 12.0 | 15,5 | 660.0 | 124,00 | 24,0 | 164,74 | 129,30 | 125922,20 | 3644.60 | 2094.79 | 276,47 | 4557,35 | 350,57 | 276,64 | 52,60 |
| 70Б2 | 697.0 | 260.0 | 12.5 | 18,5 | 660,0 | 123,75 | 24,0 | 183,64 | 144,16 | 145904,02 | 4186,63 | 2392.68 | 281,87 | 5437,68 | 418,28 | 328,41 | 54,41 |
| Номер профиля  | Номинальные размеры, мм  | Номинальная площадь поперечного сечения Fн, см2  | Номинальная масса 1 м двутавра, кг  | Справочные величины для осей профиля  |
| h  | b  | S  |  t  | h w | bw | r | Iх, см4  | Wх, см3  | Sx, см3  | iх, мм  | Iу, см4  | Wу, см3  | Sy см3  | iу мм |
| 70БЗ | 702,0 | 261.0 | 14.5 | 21.0 | 660.0 | 123.25 | 24.0 | 210,26 | 165.10 | 167085.05 | 4760,30 | 2736.06 | 281.89 | 6248,49 | 478,81 | 378,10 | 54,51 |
| 70Б4 | 710,0 | 262.0 | 17.0 | 25,0 | 660,0 | 122,50 | 24.0 | 248,14 | 194,80 | 199679.98 | 5624,80 | 3249,28 | 283,67 | 7531,16 | 574,90 | 456,29 | 55,09 |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Примечания: h – высота балки; b – ширина балки (полки); s – толщина стенки; t – толщина полки. |