|  |  |
| --- | --- |
| 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· =0,25 = 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 есептеу  1 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·

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

а = = = =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· = 182· = 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 күш  Продольная сила, кН | № Қоставр двутавра | Болат маркасы  Марка стали |
| 1 |  | 2 | 3 | 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  26  27  28  29  30  31  32  33  34  35  36  37  38  39  40  41  42  43  44  45  46  47  48  49  50  51  52  53  54  55  56  57  58 |  | 70  80  85  105  110,0  125  135  155  165  190  190  230  270  275  275  390  400  320  320  480  495  380  456  640  700  650  680  1000  1000  800  800  1100  1100  860  860  1200  1200  1900  1100  1400  1400  1900  1200  1600  1600  2000  1600  2000  2000  2600  95  110  110  140  140  160  170  170 | 10Б1  12Б1  12Б2  14Б1  14Б2  16Б1  16Б2  18Б1  18Б2  20Б0  20Б1  20Б2  20БЗ  25Б1  25Б2  25БЗ  25Б4  30Б1  30Б2  30БЗ  30Б4  35Б1  35Б2  35Б3  35Б4  40Б1  40Б2  40Б3  40Б4  45Б1  45Б2  45Б3  45Б4  50Б1  50Б2  50Б3  50Б4  50Б5  55Б1  55Б2  55Б3  55Б4  60Б1  60Б2  60Б3  60Б4  70Б1  70Б2  70БЗ  70Б4  10Б1  12Б1  12Б2  14Б1  14Б2  16Б1  16Б2  18Б1 | S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 235  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 275  S 235  S 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 маркасы  Стандарт  и 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 | | | | | | | | | | Номиналь  ная  площадь поперечного сечения  Fн, см2 | Номиналь  ная 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 | | | | | | | | | | Номиналь  ная  площадь поперечного сечения  Fн, см2 | Номиналь  ная 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 | | | | | | | | | | Номиналь  ная  площадь поперечного сечения  Fн, см2 | Номиналь  ная 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. |