

UO'K 624.012

YIG'MA KESIMLI PO'LAT TO'SINNI QIYOSIY HISOBLASH

Professor **Maxmatkulov T.** magistrant **Salomov J.** va **Xalilova U.**
Samarqand Davlat Arxitektura va Qurilish universiteti: "Qurilish
muhandisligi" ixtisosligi

Annotatsiya: Maqolada kesimi o'zgarib boruvchi yig'ma po'lat to'sinning qo'lda hisoblab topilgan optimal kesimi LiraSAPR dasturida xisoblab topilgan natijalar bilan solishtirilgan. Xudda bu kompyuter dasturida hisoblangan qiymatlar bir xil natijani berganligi ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar: yig'ma po'lat to'sin, o'zgaruvchan kesim, qo'lda hisoblash, LIRA SAPR, optimal kesim, mustahkamlik hisobi, mahalliy barqarorlik, egilish, qurilish konstruksiyalari

Аннотация: В статье рассмотрено сравнение результатов ручного оптимального расчета составной стальной балки переменного сечения с поверочным расчетом полученных сечений в ПК ЛИРА САПР. Показано, что результаты ручного расчета удовлетворяют всем проверкам компьютерного расчета.

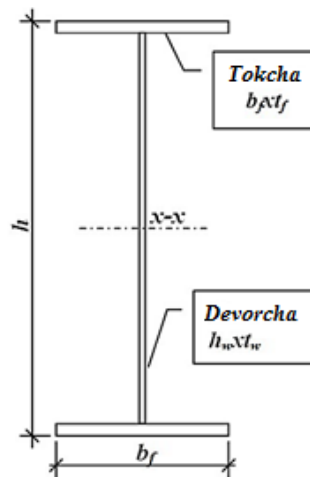
Ключевые слова: составная стальная балка, переменное сечение, ручной расчет, ЛИРА САПР, оптимальное сечение, расчет прочности, местная устойчивость, прогиб, строительные конструкции

Annotation: In article comparison of results of manual optimum calculation of a compound steel beam of variable section with testing calculation of the received sections in the personal computer LIRA SAPR is considered. It is shown that the results of manual calculation satisfy to all checks of computer calculation.

Key words: compound steel beam, variable cross-section, manual calculation, LIRA SAPR, optimal section, strength analysis, local stability, deflection, structural engineering

Kesimi yig'ma qo'sh-tavr ko'rinishidagi to'sinlarni LIRA SAPR dasturiy majmuasida hisoblashda devorcha qismi uchun qalin listli po'latdan, hamda tokchalar uchun universal listli po'latdan o'lchamlar kiritilishi zarur. Berilgan kesimni tekshirish uchun ushbu parametrlar yetarli hisoblanadi, biroq kesimni tanlash zarur bo'lganda devorning optimal balandligini belgilash va uning o'lchamlariga cheklovlar o'rnatish maqsadga muvofiqdir. Bu holat mazkur dasturda optimallashtirish hisoblari amalga oshirilmasligi bilan izohlanadi.





1-rasm. Yig'ma to'sinni kesimi

Mazkur yondashuvni tushuntirish uchun sonli misolni ko'rib chiqamiz. Uzunligi bo'yicha kesimi o'zgaruvchi, oraliq uzunligi $L = 18$ m bo'lgan to'sinni, 6 m qadam bilan va taqsimlangan me'yoriy yuklama $g = 32$ kN/m² sharoitida hisoblaymiz. Po'lat materiali sifatida C255 markali po'lat qabul qilinadi, uning hisobiy qarshiliklari: $R_y = 230$ MPa va $R_s = 0,58R_y$. To'sin uchun ruxsat etilgan egilish $[f] = L/400$; yuklama bo'yicha ishonchlilik koeffitsienti $\gamma_f = 1,2$. To'sin kesimi 1-rasmda keltirilgan.

Asosiy kesimni tanlash. Yig'ma to'sinning o'z og'irligi taxminan umumiy yuklamani 1,02 koeffitsientga ko'paytirish orqali hisobga olinadi. Shunda to'singa ta'sir etuvchi me'yoriy va hisobiy chiziqli yuklamalar quyidagicha aniqlanadi:

$$q_n = 1,02 \cdot g \cdot 6,0 = 195,8 \text{ kN/m};$$

$$q = 1,02 \cdot 1,2 \cdot g \cdot 6 = 235,0 \text{ kN/m}.$$

Maksimal egilish momenti va ko'ndalang kesuvchi kuch quyidagilarga teng:

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{8} = \frac{235 \cdot 18^2}{8} = 9517,5 \text{ kN} \cdot \text{m},$$

$$Q_{\max} = \frac{ql}{2} = \frac{235 \cdot 18}{2} = 2115,0 \text{ kN}.$$

Asosiy to'sin elastik ish bosqichi bo'yicha hisoblanadi. Talab etiladigan kesimning qarshilik momenti quyidagiga teng:

$$W_{TP} = \frac{M_{\max}}{c_1 R_y} = \frac{9517,5 \cdot 1000}{1 \cdot 230 \cdot 1} = 41380 \text{ sm}^3.$$

Keyingi bosqichda kesim o'lchamlarini aniqlash va zarur tekshiruvlarni bajarish uchun [1] manbadagi formulalar hamda tavsiyalardan foydalanamiz. Devorchaning egiluvchanligini (koeffitsientini) belgilaymiz:

$$\lambda_w = 5,5 \cdot \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^5}{230}} = 164,6.$$

Optimal balandlik quyidagiga teng bo'ladi:

$$h_{\text{opt}} = \sqrt[3]{41380 \cdot 164,6} = 189,5.$$

Keyingi bosqichda to'sinning minimal balandligini aniqlaymiz.

Date: 13th June-2026

Berilgan ruxsat etilgan egilish shartiga ko'ra u $h_{\min} = 134$ sm ni tashkil etadi. Chunki $h_{\text{opt}} > h_{\min}$, to'sinning balandligini $h=180$ sm deb qabul qilamiz.

So'ng devorcha qalinligini va tokchalar o'lchamlarini aniqlaymiz. Yakuniy natijada devorcha 14 mm qalinlikdagi listdan, tokchalar esa 650×32 mm o'lchamli listlardan qabul qilinadi[2].

Keyin to'sinning mustahkamligini tekshiramiz. Kesimning inertsia momenti va qarshilik momenti quyidagilarga teng:

$$h_w = h - 2t_f = 180 - 2 \cdot 3,2 = 173,6 \text{ sm};$$

$$h_0 = h - t_f = 180 - 3,2 = 176,8 \text{ sm};$$

$$I_x = \frac{t_w h_w^3}{12} + 2b_f t_f \left(\frac{h_0}{2} \right)^2 = \frac{1,4 \cdot 173,6^3}{12} + 2 \cdot 65 \cdot 3,2 \cdot \left(\frac{176,8}{2} \right)^2 = 3861230 \text{ sm}^4;$$

$$W_x = \frac{2I_x}{h} = \frac{2 \cdot 3861230}{180} = 42902 \text{ sm}^3.$$

To'sindagi maksimal normal kuchlanishlarni tekshiramiz:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{c_1 W_x} = \frac{9517,5 \cdot 1000}{1 \cdot 42902} = 221,8 \text{ MPa} \leq R_y = 230 \cdot 1.$$

Tekshiruv 3,5% kam yuklanish (zaxira) bilan bajariladi.

To'sinning kesimi o'zgarishi. Tayanchdan kesim o'zgaradigan joygacha bo'lgan masofani quyidagicha qabul qilamiz:

$$x = \frac{l}{6} = \frac{18}{6} = 3,0 \text{ m}.$$

Keyingi bosqichda ushbu kesimdagi kuchlarni, kichraytirilgan kesim uchun zarur qarshilik momentini hamda tokcha kengligini $b_f = 38$ sm aniqlaymiz. Natijada kichraytirilgan tokchalar 380×32 mm o'lchamdagi listlardan bajarilishi aniqlanadi. So'ng kichraytirilgan kesimning geometrik tavsiflari aniqlanadi va normal, kesuvchi hamda keltirilgan kuchlanishlar bo'yicha mustahkamlikning zarur tekshiruvlari amalga oshiriladi. Barcha tekshiruvlar bajariladi, bunda to'sinning asosiy va kichraytirilgan kesimlari minimal mustahkamlik zaxirasiga ega bo'ladi[3].

Devorchaning mahalliy barqarorligini ta'minlash. Devorcha 3 m qadam bilan juft ko'ndalang qattqlik qovurg'alari bilan mustahkamlanadi; bunda $a < 2h_w$. Keyin devorchaning mahalliy barqarorligi tayanchdan birinchi bo'limda tekshiriladi, chunki aynan shu yerda to'sinning kesimi o'zgaradi va maksimal kesuvchi kuchlanishlar ta'sir etadi. Haqiqiy va kritik normal hamda kesuvchi kuchlanishlar aniqlanadi, so'ng devorcha barqarorligi quyidagi formula bo'yicha tekshiriladi:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}} \right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{182,7}{256,2} \right)^2 + \left(\frac{58}{100,5} \right)^2} = 0,91 \leq 1.$$

Tekshiruv bajarildi.

LIRA SAPR dasturida hisoblash. Boshlang'ich ma'lumotlar kiritilgandan so'ng, 2-rasmda keltirilgan to'sinning hisobiy sxemasi hosil qilinadi.





2-rasm. To'sinning hisobiy sxemasi (chap yarmi ko'rsatilgan)

Список типов жесткостей

- 1. Составной двутавр (в краях)
 - 380 x 32, пояс
 - 1800 x 14, стенка
- 2. Составной двутавр (в середине)
 - 650 x 32, пояс
 - 1800 x 14, стенка

Параметры

Номер	2
Комментарий	Материал C255
Сечение	
Сталь	как у пояса
Пояс	
Таблица сталей	Стали по СНиП II-23-...
Сталь	C255
Сокращенный сортмент	Нет
Стенка	
Таблица сталей	Стали по СНиП II-23-...
Сталь	C255
Сокращенный сортмент	Нет

Параметры

Нормы проектирования	СНиП II-23-81*
Номер	1
Комментарий	Характеристики
Тип элемента	
Ферменный	☐
Колонна	☐
Балка	☒
Коэффициенты условий работы и надежности	
Ус устойчивости	0.95
Ус прочности	1
Уп	1
Расчет производится	
в пределах упругости	☒
с учетом пластичности	☐
Чистый изгиб	☐
Ребра жесткости	
устанавливать ребра	☒
шаг ребер, м	3
Расчет по прогибу	
Длина пролета L, м	18
Максимально допустимый прогиб	1/400

3-rasm. Qattqlik turlari bo'yicha ma'lumotlarni kiritish shakllari

Qattqliklar (1 va 2-turlar) devorcha va tokcha listlaridan tashkil topgan yig'ma qo'sh-tavr sifatida kiritiladi; list o'lchamlari qo'lda bajarilgan hisob natijalari asosida qabul qilinadi. 3-rasmda kesim parametrlarini, materialni va to'sinning o'zini kiritish shakllari ko'rsatilgan[4].

Statik hisob bajarilgandan so'ng, me'yoriy yuklama ta'sirida to'sinning o'rta tugunidagi egilishni tekshiramiz:

$$f = u_z \frac{q_n}{q} = 3,84 \frac{195,8}{235} = 3,2 < \frac{L}{400} = \frac{1800}{400} = 4,5 \text{ sm.}$$

bu yerda u_z — 3-tugunning vertikal ko'chishi.

Keyingi bosqichda qabul qilingan to'sinning kesimlarini tekshirish bo'yicha konstruktiv hisobni bajarimiz. Natijalar quyida 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. LIRA SAPR dasturida to'sinning kesimlarini tanlash natijalari

Element	HC	Qab. qad	Φ_b min	To'sinning yuk ko'tarish qobiliyati, %										Element uzunligi
				nor	Tau	C1	UB	Prg	US	UP	1PS	2PS	M.U	
Kesim: 1.2.1.1 Yig'ma qo'shtavr														
Kesim: 380x32, kamar; bog'langan.														
Profil: 380x2: GOST 19903-74*														
Po'lat: C255:														
Sortament: Issiq tayyorlangan prokat list														
Kesim: 1800x4, devorcha														
Profil: 1800x14; GOST 19903-74*														
Po'lat: C255;														
Sortament: Qalinligi 2.5....25 mm issiq prokat list														

Date: 13th June-2026

1	1	3.0	1.0	0	70	40	0	37	93	0	70	37	93	3.0
1	2	3.0	1.0	23	64	42	0	37	86	31	64	37	86	3.0
1	3	3.0	1.0	41	58	50	0	37	81	31	58	37	81	3.0
1	4	3.0	1.0	62	52	60	0	37	77	31	62	37	77	3.0
1	5	3.0	1.0	79	47	71	0	37	75	34	79	37	75	3.0
4	1	3.0	1.0	79	47	71	0	37	75	34	79	37	75	3.0
4	2	3.0	1.0	62	52	60	0	37	77	31	62	37	77	3.0
4	3	3.0	1.0	43	58	50	0	37	81	31	58	37	81	3.0
4	4	3.0	1.0	23	64	42	0	37	86	31	64	37	86	3.0
4	5	3.0	1.0	0	70	40	0	37	93	0	70	37	93	3.0
Kesim: 2.2.1.1 Yig'ma qo'shtavr														
Kesim: 650x32, kamar; bog'langan.														
Profil: 650x2: GOST 19903-74*														
Po'lat: C255:														
Sortament: Issiq tayyorlangan prokat list														
Kesim: 1800x4, devorcha														
Profil: 1800x14; GOST 19903-74*														
Po'lat: C255;														
Sortament: Issiq prokat list														
2	1	3.0	1.0	51	45	53	0	71	68	53	53	71	68	6.0
2	2	3.0	1.0	69	34	62	0	71	60	55	69	71	60	6.0
2	3	3.0	1.0	82	22	71	0	71	54	60	82	71	60	6.0
2	4	3.0	1.0	90	11	76	0	71	51	63	90	71	63	6.0
2	5	3.0	1.0	92	0	78	0	71	50	64	92	71	64	6.0
3	1	3.0	1.0	92	0	78	0	71	50	64	92	71	64	6.0
3	2	3.0	1.0	90	11	76	0	71	51	63	90	71	63	6.0
3	3	3.0	1.0	82	22	71	0	71	54	60	82	71	60	6.0
3	4	3.0	1.0	69	34	62	0	71	60	55	69	71	60	6.0

Bunda ko'tarish qobiliyati normal kuchlanishlar bo'yicha 92% ga va devorchaning mahalliy barqarorligi bo'yicha 93% ga foydalanilgan.

Agar kesimlarni tanlash LIRA dasturida amalga oshirilsa, to'sinning balandligi o'zgaradi, bunda to'sin o'rtasi va chekka elementlar uchun balandlik turlicha hosil bo'ladi. Bu holatda kesim o'lchamlariga cheklovlar kiritish zarur. Umuman olganda, LIRA dasturida yig'ma kesimlarni optimallashtirish masalalari hozircha to'liq hal etilmagan[5].

Xulosa: Mazkur maqolada kesimi o'zgaruvchan yig'ma po'lat to'sinning qo'lda hisoblash orqali aniqlangan optimal kesimi LIRA SAPR dasturiy majmuasida olingan natijalar bilan qiyosiy tahlil qilindi. Hisoblash jarayonida to'sinning geometrik o'lchamlari, yuklamalari va material xossalari asosida mustahkamlik, egilish va mahalliy barqarorlik shartlari tekshirildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, qo'lda bajarilgan hisoblashlar kompyuter dasturi orqali olingan natijalar bilan mos keladi va barcha normativ talablarni qanoatlantiradi. Shu bilan birga, LIRA SAPR dasturida yig'ma kesimlarni optimallashtirish imkoniyatlari cheklanganligi aniqlanib, kesim o'lchamlariga qo'shimcha cheklovlar kiritish zarurligi ta'kidlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. «Металлические конструкции»: Учебник для вузов под ред. Ю.И. Кудишина. / Москва, 2011. – 685 с.
2. Makhmatkulov, T. (2022). Strengthening of Compression of Glue Metal Strengle Compounds and Determination of Deformation.
3. Makhmatkulov, T. (2020). Approximate method of calculation of reinforcement connection with wood when pulling out the reinforcing bar. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(2), 6223-6225.
4. Turdimurod, M., & Ilhomovich, T. J. Investigation Of The Non-drying Ability And Deformability Of Rebar Joints With Wood When Pulling Out. *World Bulletin of Management and Law*, 3, 53-55.
5. КМК 2.03.05-97. Стальные конструкции. Нормы проектирования. / ГоскомАрхитек-Строй РУз, 2013. – 118 с.