

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**КАФЕДРА «ТЕХНОЛОГІЇ ТА УПРАВЛІННЯ
ЛИВАРНИМИ ПРОЦЕСАМИ»**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для самостійних робіт з дисциплін
«ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА»,
«ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ»
для студентів спеціальності 136 - Металургія,
122 - Комп'ютерні науки та інформаційні технології**

Одеса 2016

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА «ТЕХНОЛОГІЇ ТА УПРАВЛІННЯ
ЛИВАРНИМИ ПРОЦЕСАМИ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для самостійних робіт з дисциплін
«ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА»,
«ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ»
для студентів спеціальності 136 - Металургія,
122 - Комп'ютерні науки та інформаційні технології

Затверджено
на засіданні кафедри ТУЛП
Протокол № 3 від 11.10.2016

Одеса 2016

Методичні вказівки для самостійних робіт з дисциплін «Теоретичні основи ливарного виробництва», «Чисельні методи» для студентів спеціальності 136 – Металургія, 122 – Комп’ютерні науки та інформаційні технології / Укл.: Т.В. Лисенко, Л.В. Бовнегра, В.С. Попов, Л.І. Солоненко - Одеса: ОНПУ 2016. - 39с.

Укладач: Т.В. Лисенко, проф., д.т.н.,
Л.В. Бовнегра, доц., к.т.н.,
В.С. Попов, доц., к.т.н.,
Л.І. Солоненко асист.

ЗМІСТ

	стор
1.ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА.....	5
2.ВАРІАНТИ ЗАДАННЯ	6
3.ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ ЗАТВЕРДІННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ ВИЛИВКА.....	7
3.1.ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМИ.....	7
3.2.РОЗРАХУНОК ЗАПОВНЕННЯ ФОРМИ РОЗПЛАВОМ	8
3.3.РОЗРАХУНОК ЗАТВЕРДІННЯ ВИЛИВКА	11
3.4. ТРИВАЛІСТЬ ОХОЛОДЖЕННЯ ВИЛИВКА.....	14
4.ПРО ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	16
ДОДАТОК.....	19
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	39

1.ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА

1. Розробити технологію лиття в піщану форму наведеного виливки.
- 2.1. Провести розрахунок заповнення форми розплавом.
- 2.2. За результатами розрахунків зробити висновок про можливе утворення дефектів виливків.
- 2.3. Дати рекомендації по усуненню дефектів виливки.
- 3.1. Провести розрахунок затвердіння виливки.
- 3.2. Побудувати криву зміни швидкості затвердіння виливка.
- 3.3. Побудувати криву розподілу швидкості затвердіння по перерізу виливка.
- 3.4. По структурній діаграмі з'ясувати ступінь неоднорідності структури і властивостей чавуну в тілі виливка.
- 4.1. Провести розрахунок тривалості охолодження виливка.
5. Визначити тривалість технологічного циклу виготовлення виливка.

2.ВАРІАНТИ ЗАДАННЯ

Виливок вибираємо у додатку згідно віріанту. Варіант завдання видає викладач.

№ варіанту	Матеріал	$\rho_1, \text{кг/м}^3$	$\rho_3, \text{кг/м}^3$	$c_1, \text{Дж/(кг}\cdot\text{К)}$	$c_3, \text{Дж/(кг}\cdot\text{К)}$	$\epsilon_4, \text{Вт}\cdot\text{с}^{1/2}/(\text{м}^2\cdot\text{К)}$	$a_4, \text{м}^2/\text{с}$	$T_L, \text{К}$	$T_s \text{ або } (T_E), \text{К}$	$L, \text{кДж/кг}$
1	Сірий чавун	6950	7200	838	560	1377	$2,64\cdot 10^{-7}$	1473	1470	215
2	Вуглецева сталь	7000	7500	920	753	1628	$3,39\cdot 10^{-7}$	1770	1720	258
3	Сірий чавун	6950	7200	838	560	1377	$2,64\cdot 10^{-7}$	1473	1470	215
4	Вуглецева сталь	7000	7500	920	753	1628	$3,39\cdot 10^{-7}$	1770	1720	258
5	Сірий чавун	6950	7200	838	560	1377	$2,64\cdot 10^{-7}$	1473	1470	215
6	Вуглецева сталь	7000	7500	920	753	1628	$3,39\cdot 10^{-7}$	1770	1720	258
7	Сірий чавун	6950	7200	838	560	1377	$2,64\cdot 10^{-7}$	1473	1470	215
8	Вуглецева сталь	7000	7500	920	753	1628	$3,39\cdot 10^{-7}$	1770	1720	258
9	Сірий чавун	6950	7200	838	560	1377	$2,64\cdot 10^{-7}$	1473	1470	215
10	Вуглецева сталь	7000	7500	920	753	1628	$3,39\cdot 10^{-7}$	1770	1720	258
11	Сірий чавун	6950	7200	838	560	1377	$2,64\cdot 10^{-7}$	1473	1470	215
12	Вуглецева сталь	7000	7500	920	753	1628	$3,39\cdot 10^{-7}$	1770	1720	258
13	Сірий чавун	6950	7200	838	560	1377	$2,64\cdot 10^{-7}$	1473	1470	215
14	Вуглецева сталь	7000	7500	920	753	1628	$3,39\cdot 10^{-7}$	1770	1720	258
15	Сірий чавун	6950	7200	838	560	1377	$2,64\cdot 10^{-7}$	1473	1470	215
16	Вуглецева сталь	7000	7500	920	753	1628	$3,39\cdot 10^{-7}$	1770	1720	258
17	Сірий чавун	6950	7200	838	560	1377	$2,64\cdot 10^{-7}$	1473	1470	215
18	Вуглецева сталь	7000	7500	920	753	1628	$3,39\cdot 10^{-7}$	1770	1720	258
19	Сірий чавун	6950	7200	838	560	1377	$2,64\cdot 10^{-7}$	1473	1470	215
20	Вуглецева сталь	7000	7500	920	753	1628	$3,39\cdot 10^{-7}$	1770	1720	258

3. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКІВ ЗАТВЕРДІННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ ВИЛИВКА

У цьому прикладі розглянемо додаток теплової теорії формування виливка до аналізу технології лиття в піщані форми. Основну увагу приділимо розрахункам технологічних режимів лиття ($T_{зал}$, $t_{зал}$, f_n , t_c , b_4 , l_{ϕ} , $T_{выб}$), а також оцінці властивостей виливка (її структури, механічних властивостей, ураженості усадочними дефектами) і складу сплаву.

3.1. ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМИ

На рис. 3.1. наведена схема поздовжнього розрізу форми для виливка стола фрезерного верстата із чавуну СЧ 18-36. Маса стола 420 кг, габаритні розміри 250x500x1000 мм, середня товщина тіла 30 мм. Стіл являє собою коробчату конструкцію, заребренну зсередини: одне поздовжнє та три поперечні ребра висотою відповідно 220 і 190 мм; товщина ребер 30 мм. Розташування виливка у формі, рознімання форми, конструкція й кріплення стрижнів, місце підведення розплаву, схема конструкції ливникової системи показані на рис. 3.1.

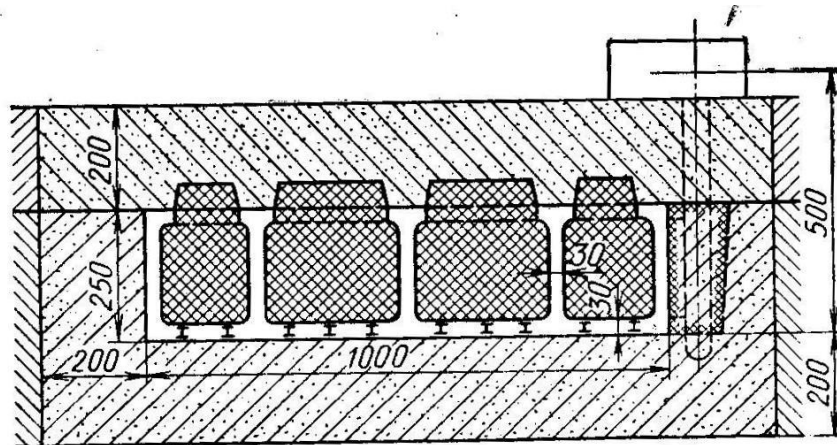


Рис. 3.1. Схема поздовжнього розрізу форми для виливка стола фрезерного верстата

Спосіб виготовлення форми — будь-який і залежить від масштабу виробництва та технічного рівня конкретного цеху. У цьому зв'язку на рис. 3.1 не показана конструкція опок, а ливникова система наведена у вигляді схеми, з якої ясно, що розплав у порожнину форми підводить сифоном з короткої сторони виливка.

3.2. РОЗРАХУНОК ЗАПОВНЕННЯ ФОРМИ РОЗПЛАВОМ

Для розрахунків часу заповнення скористаємося емпіричною формулою:

$$t_{зал} = AG_0^m;$$

де A і m – постійні, числові значення яких за даними різних дослідників перебувають у широких межах; так, якщо масу вилівка вимірювати в кг і час заливання в с, то, за даними Ю.А. Нехендзи, $A = 1,50 \div 2,35$, і $m = 0,5$ і в Б.Б. Гуляєва $A = 1,00 \div 1,35$, $m = 0,417$ для сталі; у Б.В. Рабиновича $A = 3,7$ і $m = 0,38$ для чавуну. G_0 – маса вилівка із припусками, напусками та прибутками.

І так,

$$t_{зал} = 3,6G_0^{0,4} = 3,6 \cdot G^{0,4}.$$

Площа живильника визначимо по формулі:

$$f_n = \frac{G_0}{\rho_1 W_n t_{зал}};$$

де G_0 – маса вилівка із припусками, напусками та прибутками;

W_n – середня швидкість витікання розплаву з живильника в порожнину форми.

Тому що для неї потрібне знання швидкості витікання розплаву з живильника, те згідно з формулою:

$$\bar{w} = \mu \sqrt{2gH} = 0,48 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,5} \approx 1,5 \text{ м/с};$$

де $H = 0,5$ м (див. рис. 3.1) і $\mu = 0,48$ для ливникової системи із двома поворотами потоку

розплаву $\mu = \left(1 + \sum_{i=1}^n \lambda_i \frac{y_i}{d_i} + \sum_{j=1}^m \xi_j \right)^{-\frac{1}{2}}$ де $\lambda_i \frac{y_i}{d_i}$ - втрати напору на тертя в i -м елементі

ливникової системі або щільності форми (λ – коефіцієнт втрати на тертя; y і d – довжина й

діаметр або товщина елементів); ζ – втрати напору в j -м місцевому гідравлічному опорі ливникової системи або порожнини форми.

І так,

$$f_n = \frac{G_0}{\rho_1 w_n t_{зал}} = \frac{4,2 \cdot 10^5}{6,95 \cdot 150 \cdot 40} \approx 10 \text{ см}^3.$$

Тепер, оцінимо втрати перегріву носиком потоку розплаву під час заповнення порожнини форми. Скористаємося формулою:

$$g_{зал} - g_k = \frac{1,13b_4 g_{зал}}{c_1 \rho_1 R_0} \left(1 + \frac{R_0}{R_c} \sqrt{\frac{t_c}{t_\phi}} + \frac{R_0}{R_n} \sqrt{\frac{t_n}{t_\phi}} \right) \sqrt{t_\phi},$$

і вмовимося, що в ливниковій системі теплових втрат немає (або вони малі). Тоді

$$\Delta g = \frac{1,13b_4}{c_1 \rho_1 R_0} (T_{зал} - T_\phi) \sqrt{t};$$

де t — час плинину розплаву в порожнині форми.

Очевидно, що при сифоннім заливанні розплав буде текти спочатку в нижній порожнині форми перетином 30x500 мм; при цьому швидкість потоку:

$$w_1 = \frac{150 \cdot 10}{3 \cdot 50} = 10 \text{ см/с};$$

а час плинину на шляху 1000 мм рівно $1000:10 = 100$ с. Отже, до кінця заповнення нижньої частини порожнини форми на носіку потоку буде загублений перегрів

$$\Delta g = \frac{1,13 \cdot 1377 \cdot 1350}{838 \cdot 6950 \cdot 0,015} \sqrt{10} = 70 \text{ K};$$

тому що для чавуну $c_1 = 838$ Дж/(кг·К), $b_4 = 1377$ Вт·с^{1/2}/(м²·К), $\rho_1 = 6950$ кг/м³, а для розглянутої отливки $\mathfrak{R} = 0,015$ м; температура заливки вибрана рівною 1643 К і температура форми 293 К.

Подальше заповнення форми відбувається за рахунок підйому розплаву знизу нагору по ребрах і вертикальним стінкам зі швидкістю $w_1 = \frac{4,8\sqrt{2gH'} \cdot 10}{5 \cdot 3 \cdot 50 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 100} = 0,8$ см/с, тому що $H' = 0,37$ м (див. рис. 3.1), а $5(3 \cdot 50) = 750$ см² — площа поперечних вертикальних каналів (дві стінки і три ребра) і $3(3 \cdot 100) = 900$ см² — площа поздовжніх вертикальних каналів (дві стінки і одне ребро). Час течії розплаву по вертикальних каналах на шляху 250 мм дорівнює $25:0,8 = 31$ с.

Найбільші втрати перегріву будуть на носику потоку наприкінці заливання в місці порожнини форми, протилежному від розташування живильника. Тому

$$\Delta\vartheta = \frac{1,13b_4}{c_1\rho_1\mathfrak{R}_0} (T_{зал} - 70 - T_\phi)\sqrt{t};$$

т.п.

$$\Delta\vartheta = \frac{1,13 \cdot 1377 \cdot 1280}{838 \cdot 6950 \cdot 0,015} \sqrt{31} = 117 \text{ К.}$$

Отже, максимальна втрата перегріву в момент закінчення заливання складе 187 К і повинна спостерігатися у верхньому лівому куті вилівка (див. рис. 3.1). Тому що $T_{зал} = 1643$ К, то в цьому місці температура розплаву повинна бути рівною 1456 К, що менше, чим $T_{кр}$ чавуну ($T_{кр} = 1473$ К).

Є два виходи з положення. Перший — збільшення температури заливання, але для чавуну ваграночної плавки вона вже на верхній межі; крім того, підвищення $T_{зал}$ приведе, як відомо, до інтенсивного розвитку усадочних дефектів (рихлості, пористості), а також пригару. Другий шлях — зробити поверхову ливникову систему, подавши розплав і у верхню частину порожнини форми (див. рис. 3.1); це зменшить втрати перегріву, тому що на дзеркало розплаву, що піднімається по вертикальних каналах, буде підводити розплав з температурою, близької до $T_{зал}$.

Саме собою зрозуміло, що місце підведення розплаву доцільно розосередити: розплав краще підвести в поздовжні стінки й заливання вести у два стояки й чотири живильники.

3.3. РОЗРАХУНОК ЗАТВЕРДІННЯ ВИЛИВКА

Тривалість t_3 затвердіння вилівка евтектичного сплаву в піщаній формі визначають із

$$\xi_3 = \frac{1,13b_4}{L_E\rho_3} (T_E - T_\phi)(\sqrt{t} - \sqrt{t_1}) \quad \text{при } \xi_3(t_3) = \mathfrak{R}_0:$$

$$\xi = \left[\frac{L_E\rho_3 \mathfrak{R}_0}{1,13b_4(T_E - T_\phi)} + \sqrt{t_1} \right]^2,$$

$$\text{в якій } t_1 = \left[\frac{c_1\rho_1\mathfrak{R}_0(T_H - T_L)}{1,128b_4(T_H - T_\phi)} + \sqrt{t_{\text{зал}}} \right]^2$$

$$t \approx (\vartheta_{II} + \vartheta_L) \quad \text{при } T_{II} \approx T_{\text{зал}}:$$

$$T = \frac{1}{2}(T_{\text{зал}} - T_{\text{кр}}) = \frac{1}{2}(1643 - 1473) = 1558 \text{ K};$$

$$t_1 = \left(\frac{838 \cdot 7000 \cdot 0,015 \cdot 85}{1,13 \cdot 1377 \cdot 1275} + \sqrt{40} \right)^2 = 103 \text{ t}$$

$$\xi = \left(\frac{215000 \cdot 7000 \cdot 0,015}{1,13 \cdot 1377 \cdot 1200} + \sqrt{103} \right)^2 = 550 \text{ c};$$

На рис. 3.2, а наведена крива зміни швидкості затвердіння тіла вилівка залежно від часу; розрахунки виконаний:

$$U = \frac{b_4 \vartheta_E}{L_E\rho_3\sqrt{\pi t}} \left[1 \mp \frac{2b_4 \vartheta_E(k+1)}{\sqrt{\pi}L_E\rho_3 l_0} (\sqrt{t} - \sqrt{t_1}) \right]^{-\frac{k}{k+1}} \quad \text{при } k = 0:$$

$$\vartheta_E = T_L - T_\phi;$$

$$U = \frac{1377 \cdot 1180}{\sqrt{\pi} \cdot 215000 \cdot 7500 \sqrt{t}}; \quad t \geq 103 \text{ c};$$

$$U = \frac{0,577}{\sqrt{t}}; \quad t \geq 103 \text{ c},$$

де U у мм/с.

На рис. 3.2, б по формулі

$$U_E = \frac{2(k+1)(b_4 \vartheta_E)^2}{l_0(\sqrt{\pi}L_E\rho_3)^2} \left[1 \mp \left(\frac{x}{l_0} \right)^{k+1} + \frac{1,13(k+1)b_4 \vartheta_E}{L_E\rho_3 l_0} \sqrt{t_1} \right]^{-1}$$

при $k = 0$ побудований розподіл швидкості затвердіння по перетину тіла вилівка:

$$U = \frac{1}{2} \left(\frac{1,13 \cdot 1377 \cdot 1180}{215000 \cdot 7500} \right)^2 \frac{1}{(0,015 - x) + \frac{1,13 \cdot 1377 \cdot 1180}{215000 \cdot 7500} \sqrt{103}}$$

або

$$U = \frac{0,057}{1 + 0,0875(15 - x)},$$

де U , в мм/с.

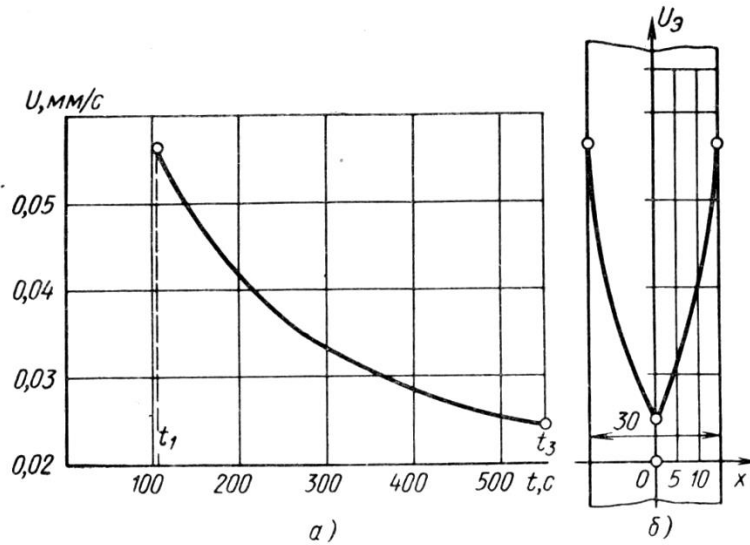


Рис. 3.2. Зміна лінійної швидкості затвердіння тіла виливка (а); розподіл лінійної швидкості затвердіння в тілі виливка (б)

Розподіл швидкості затвердіння неоднорідно: у центрі тіла швидкість більш ніж в 2 рази менше швидкості в поверхні. Тому необхідно з'ясувати ступінь неоднорідності структури й властивостей чавуну в тілі виливка. Skorистаємося структурною діаграмою на рис. 3.3.

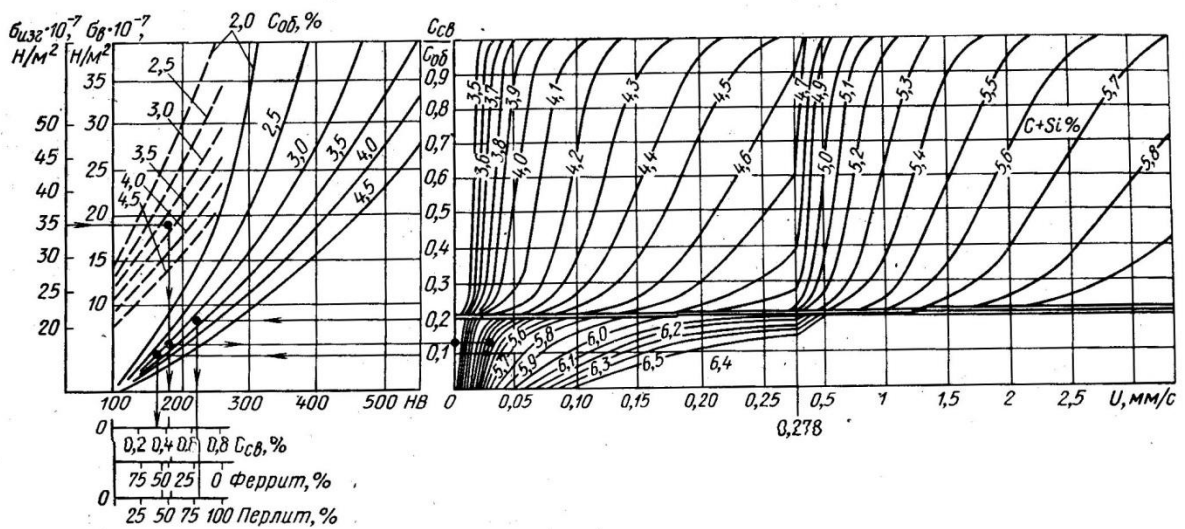


Рис. 3.3. Діаграма для розрахунків механічних властивостей і структури виливків із чавунів

Нехай ваграночний чавун містить 3,2% С. Тоді, для марки СЧ 18-36 відношення $\frac{C_{ce}}{C_{об}} = 0,125$. Тому що середня швидкість затвердіння рівна 0,0342 мм/с, то по діаграмі $3 + Si = 5,2\%$. Отже, у поверхні вилівка ($U_3 = 0,057$ мм/с) структура: перліт + графіть + 20% ферита (твердість *HB* 220); у центрі тіла ($U_3 = 0,0245$ мм/с) структура: перліт + графіть + 60% ферита (твердість *HB* 160).

Таким чином, повинні одержати вилівки зі строкатої (перліт + 40% ферита + графіть) структурою, із середніми значеннями $\sigma_b = 180$ Н/мм² і $\sigma_{из} = 350$ Н/мм², але із твердістю близько *HB* 220. Хімічний склад чавуну визначається $3 + Si = 5,2\%$ при 3,2% С за допомогою відомих співвідношень.

3.4. ТРИВАЛІСТЬ ОХОЛОДЖЕННЯ ВИЛИВКА

Тривалість охолодження затверділого виливка у формі розрахуємо по формулі

$$t = 2 \left(\frac{c_3 \rho_3 l_0}{\sqrt{\frac{2n}{n+1} b_4}} \right)^2 \left[\left(\frac{\theta_E}{\theta_3} - 1 \right) (1 + D) + \ln \left(\frac{\theta_3}{\theta_E} \right) \right] + t_3,$$

$$\text{де } D = \frac{1}{\theta_E} [K_{c_1} K_{\rho_1} (\theta_{зал} - 1) + K_{c_2} K_{\rho_2} (1 - \theta_E) + (1 + \Psi_E) \mathcal{L}_2 + \Psi_E \mathcal{L}_E \theta_E],$$

представивши її для лиття чавуну у вигляді

$$t = 2 \left(\frac{c_3 \rho_3 \mathfrak{R}_0}{\sqrt{\frac{2n}{n+1} b_4}} \right)^2 \left[\left(\frac{1}{\theta_3} - 1 \right) (1 + D) + \ln \theta_3 \right] + t_3,$$

$$\text{де } D = \left[K_{c_1} K_{\rho_1} (\theta_{зал} - 1) + \frac{L_E}{c_3 (T_{кр} - T_\phi)} \right], \quad \theta \equiv \frac{T - T_\phi}{T_{кр} - T_\phi}, \quad K_{c_1} = \frac{c_1}{c_3}, \quad K_{\rho_1} = \frac{\rho_1}{\rho_3}.$$

У розглянутому випадку $\theta_{зал} = \frac{1350}{1180} = 1,145$, тому $D = \left[\frac{838 \cdot 7000}{560 \cdot 7500} (1,145 - 1) + \frac{215000}{560 \cdot 1180} \right] = 0,528$.

Прийmemo температуру вибивки виливка з форми 673 К; отже, $\theta_3 = \frac{380}{1180} = 0,322$ і, згідно рис. 3.4, $n = 1,9$.

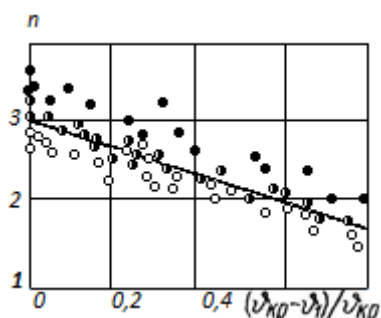


Рис. 3.4. Залежність середніх значень показника n від відносної температури плоского виливка з різних сплавів: \circ — алюмінієві сплави; \bullet — сталь; \odot — чавун (по Г. А.

Анисовичу й Н. П. Жмакину)

$$\text{Тоді, } t = 2 \left(\frac{560 \cdot 7500 \cdot 0,015}{1,13 \cdot 1377} \right)^2 \left[\left(\frac{1}{0,322} - 1 \right) (1 + 0,528) - 1,13 \right] + 550 = 7450 \text{ с}$$

Точно такий же результат отриманий по графіках П. М. Новикова (див. рис. 3.5).

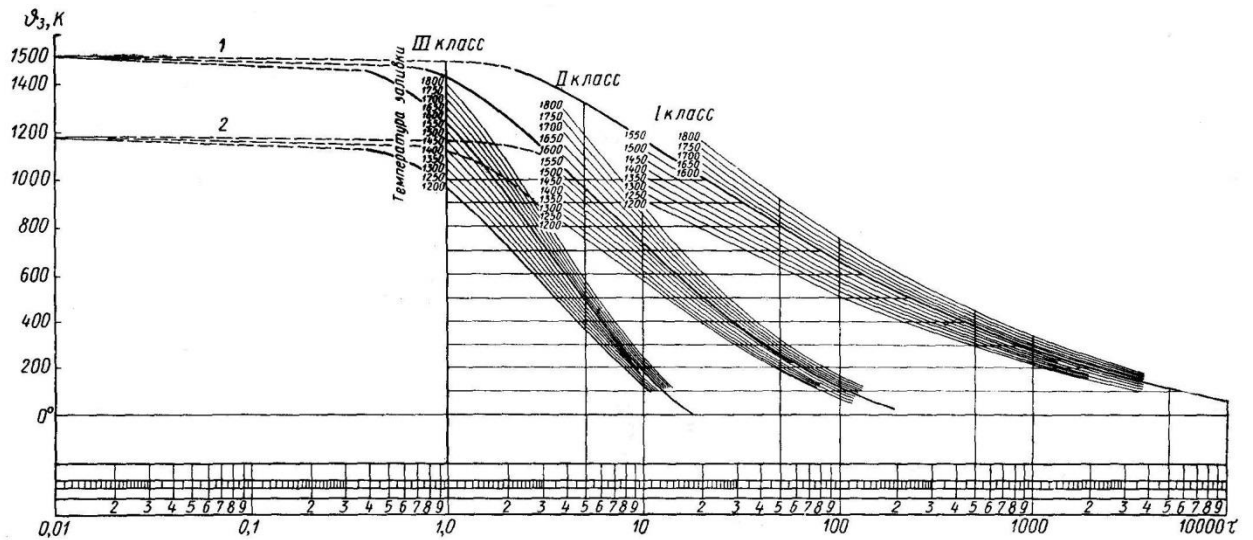


Рис. 3.5. Криві охолодження виливків, розраховані П. М. Новиковим:

1 — з вуглецевих сталей; 2 — із чавунів

При $\vartheta_{зал} = 1350$ К та $\vartheta_3 = 400$ К величина $\tau = 350$. Для чавуну $a_3 = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$.

Отже,

$$t = \tau \frac{l_0^2}{a_3} = 350 \frac{2,25 \cdot 10^{-4}}{1,1 \cdot 10^{-5}} \approx 7500 \text{ с.}$$

Таким чином, тривалість технологічного циклу виготовлення виливка стола масою 420 кг становить 2 год, якщо форма є масивної неохолоджуваної, тобто напівнескінченна в тепловім відношенні.

Перевіримо за умовою: $\frac{\zeta(t)}{l_\phi} \ll 1$

$$\zeta = \sqrt{2n(n+1)a_4 t} = \sqrt{2 \cdot 1,9(1,9+1) \cdot 2,64 \cdot 10^{-7} \cdot 7,5 \cdot 10^3} = 0,155 \text{ м}$$

тому що для форми $a_4 = 2,64 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$. Отже, форма неохолоджувана: $l_\phi > l$ моменту вибивки.

4.ПРО ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

У цієї наукової роботі було зроблено невелике програмне забезпечення за допомогою якого з'явилась можливість набагато скоріше проводити розрахунки заповнення форми розплавом та затвердіння виливки. При розробці програми була використана мова програмування «Java».

На рис.4.1. показано приклад затвердіння виливка.

Parameter	Value
Удельная теплоемкость жидкого расплава (Дж/кг)	838
Плотность жидкого расплава (кг/м ³)	7000
Размер отливки (м ³)	0.015
Начальная температура формы (К)	25
Начальная температура ликвидуса (К)	1215
Начальная температура (К)	1300
Коэффициент затвердевания	1377
Температура заливки (К)	40
Время полного охлаждения перегретого расплава (с)	102.03
Удельная температура кристаллизации эвтектики (Дж/кг)	215000
Температура эвтектики сплава (К)	1115
Время затвердевания отливки эвтектического сплава (с)	549.2

Рис. 4.1. Приклад затвердівання виливка

Приклад обробки одного з полів (з початку перевіряється є дані у цьому полі, якщо всіх даних достатньо, то далі здійснюється розрахунок по формулі при натискуванні на клавішу «Enter» :

```
if (isExist(weightField) && isExist(speedField) && isExist(timeField)) {  
areaField.setText(Double.toString(roundten((getDouble(weightField) * 1000) / (6.95 *  
(getDouble(speedField) * 100) * getDouble(timeField)))));  
}
```

На рис. 4.2. показаний приклад побудови графіка за допомогою програмного забезпечення.

З початку розраховуються всі необхідні дані, далі береться формула , підставляється перше значення по горизонталі та ставиться крапка, потім по вертикалі, потім знов по горизонталі і.т.д. поки не буде вистачати всіх крапок.



Рис. 4.2. Приклад побудови графіка за допомогою програмного забезпечення

Приклад розрахунку заповнення форми розплавуз початковими даними:

Дано:

Маса відливки $G_0 = 420$ (кг);

Висота форми $H = 0.5$ (м).

Рішення: треба потрібно ввести дані в певні поля та натиснути клавішу «Enter»

Расчет заполнения формы расплавом		Расчет затвердевания отливки	
Масса отливки (кг)		420	
Время заполнения (с)		40.33	
Высота формы (м)		0.5	
Скорость истечения расплава (м/с)		1.5	
Площадь питателя (см ²)		9.99	
Скорость потока в нижней полости формы (см/с)		9.99	
Потеря перегрева на носике потока в нижней полости (К)		76.08	
Скорость подъема расплава (см/с)		0.78	
Потеря перегрева на носике потока при подъеме расплава (К)		129.07	
Максимальная потеря перегрева (К)		205.15	

Выход

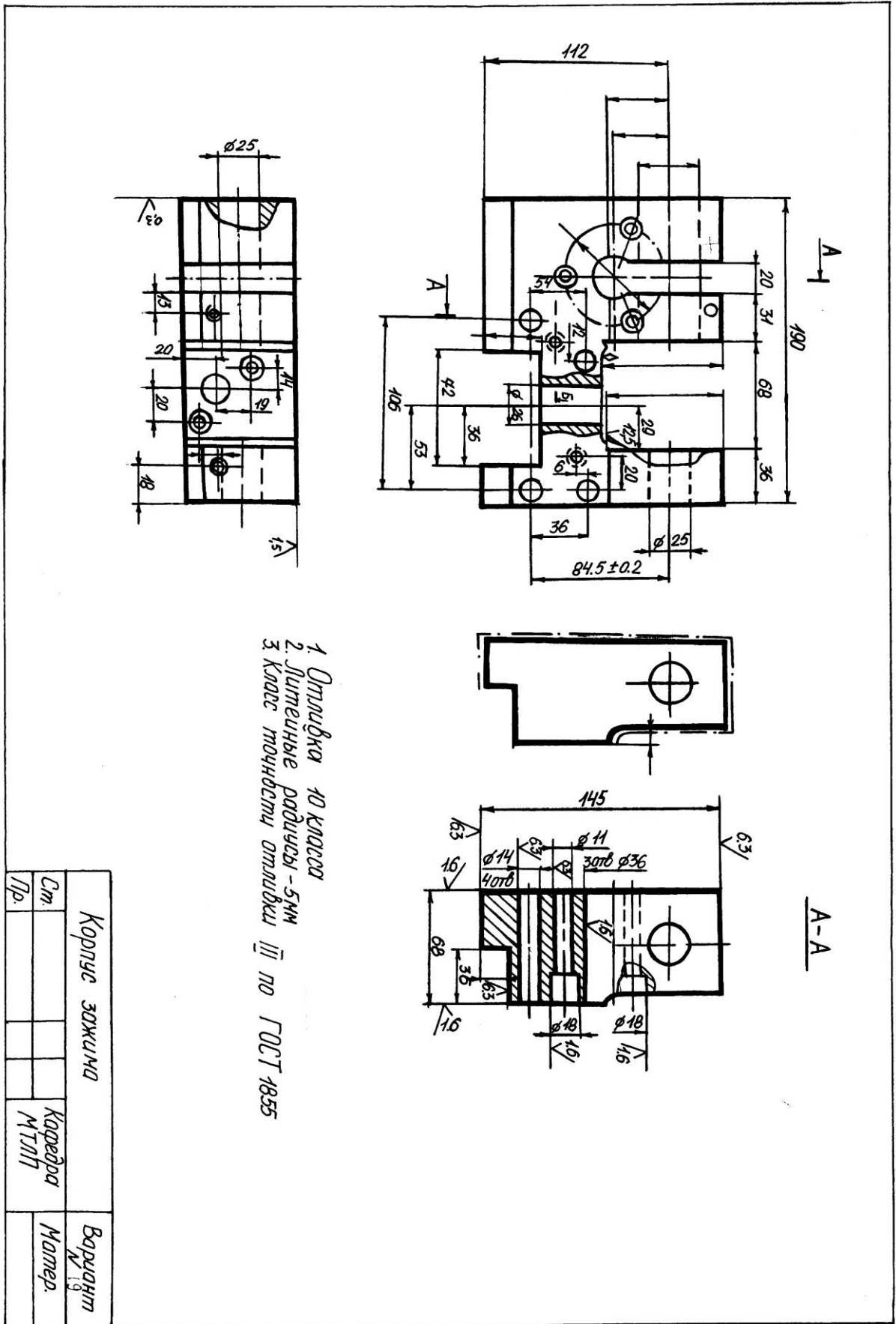
Як ми бачимо наша програма моментально зробила всі необхідні розрахунки. Якщо натиснути на назву формули ЛКМ то з'явиться сама формула:

Расчет заполнения формы расплавом		Расчет затвердевания отливки	
Масса отливки (кг)		420	
Время заполнения (с)		40.33	
Высота формы (м)		0.5	
Скорость истечения расплава (м/с)		1.5	
Площадь питателя (см ²)		9.99	
$\omega_1 = \frac{\omega_{\text{п}} f_n}{lH} =$		9.99	
Потеря перегрева на носике потока в нижней полости (К)		76.08	
Скорость подъема расплава (см/с)		0.78	
Потеря перегрева на носике потока при подъеме расплава (К)		129.07	
Максимальная потеря перегрева (К)		205.15	

Выход

ДОДАТОК

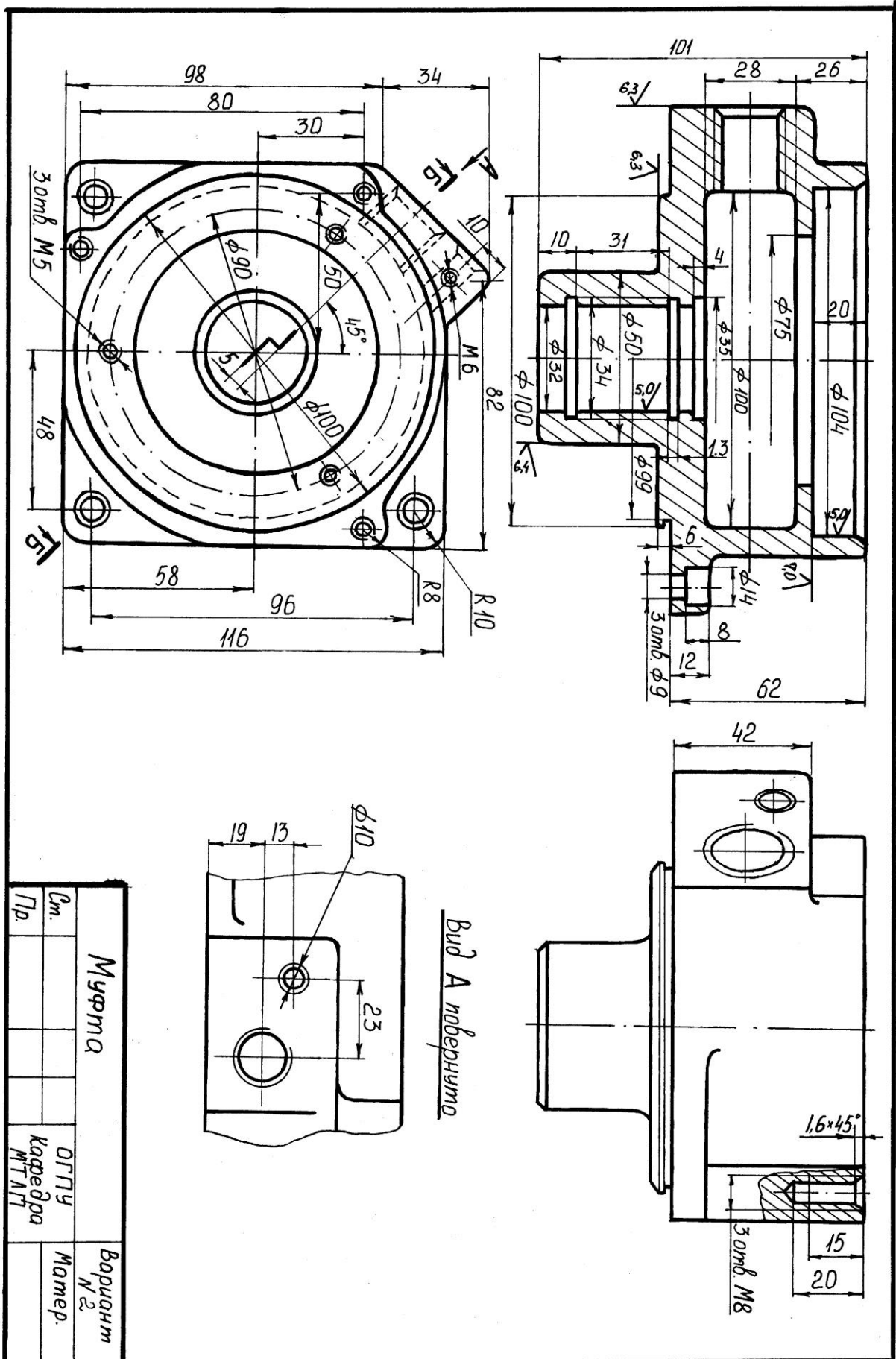
Вариант 1

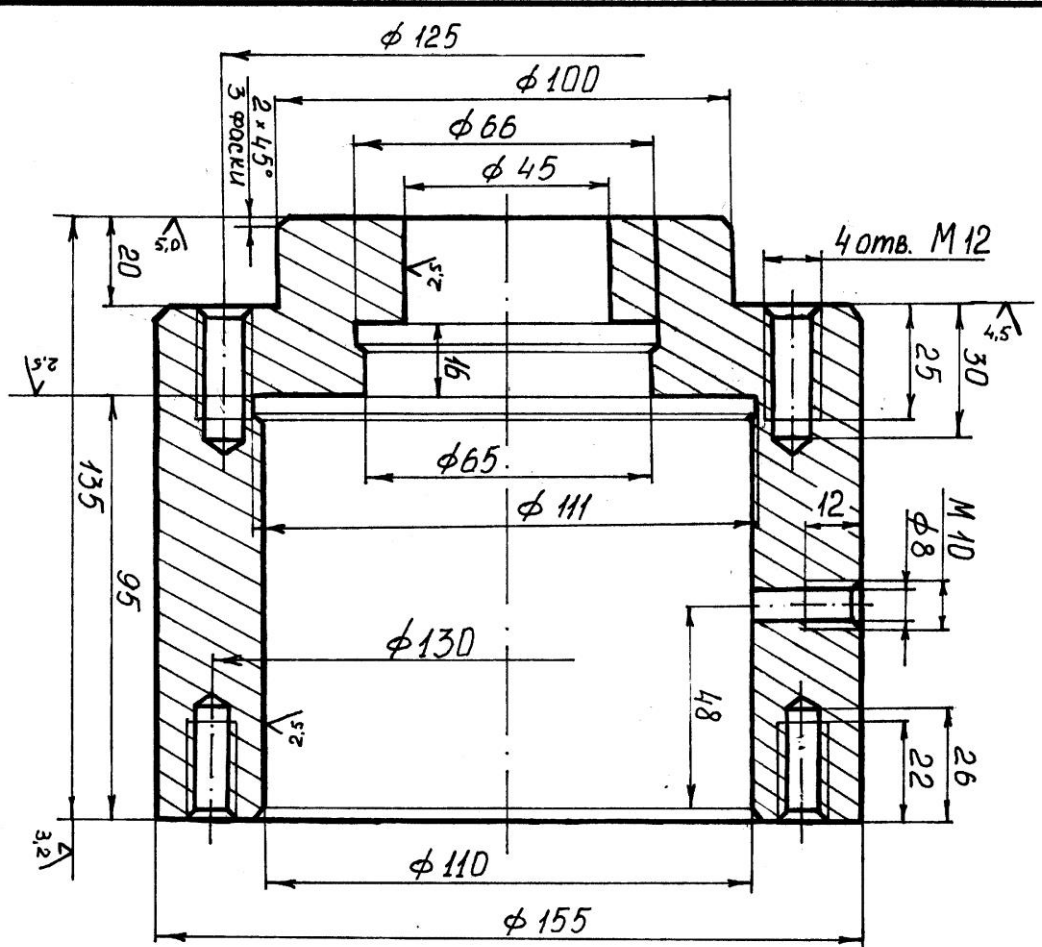


1. Отливка 10 класса
2. Лительные радиусы - 5мм
3. Класс точности отливки III по ГОСТ 1855

Корпус зажима		Вариант № 19	
Ст.		Кафедра	Матер.
Пр.		МТИП	

Вариант 2

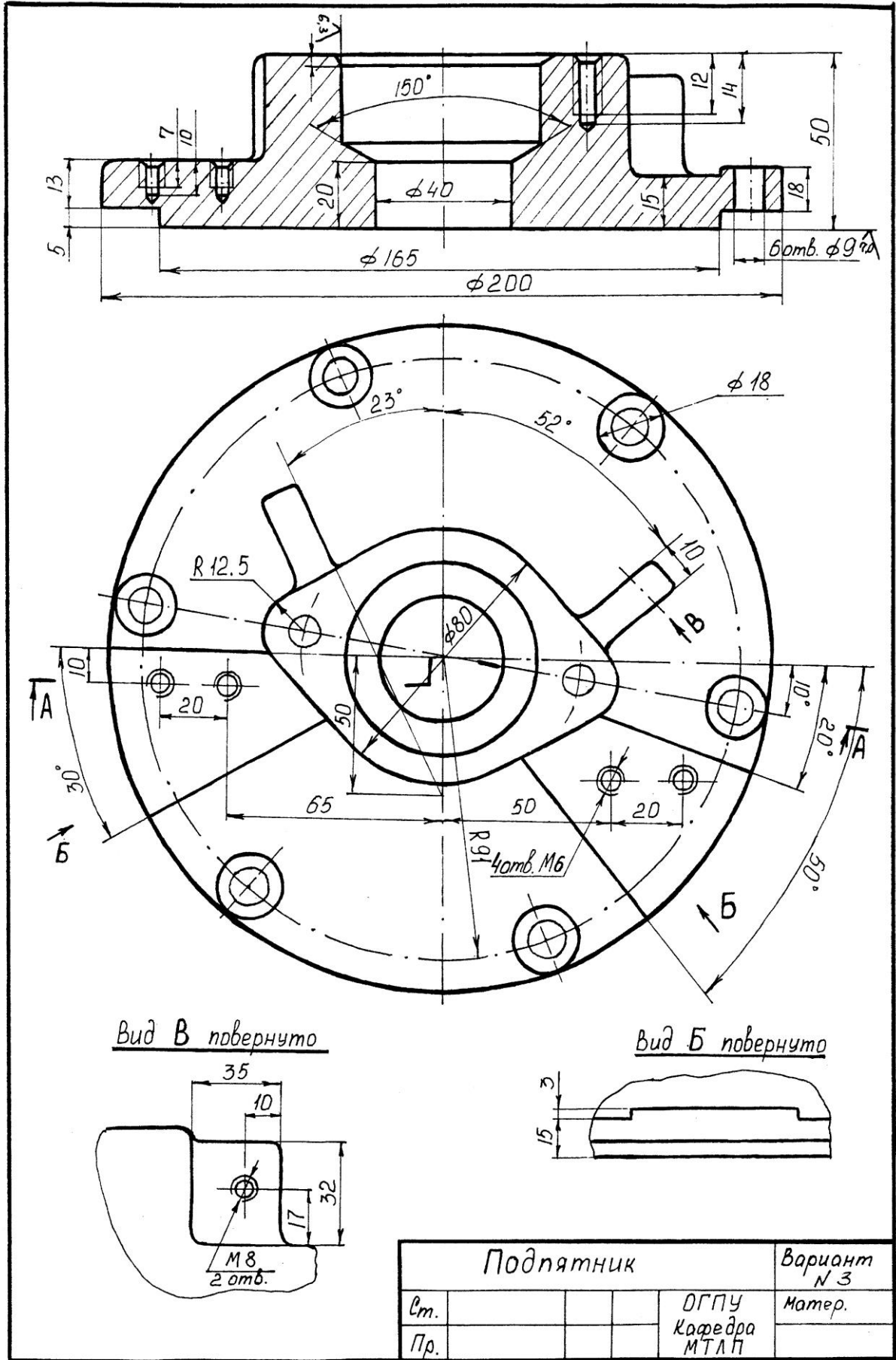




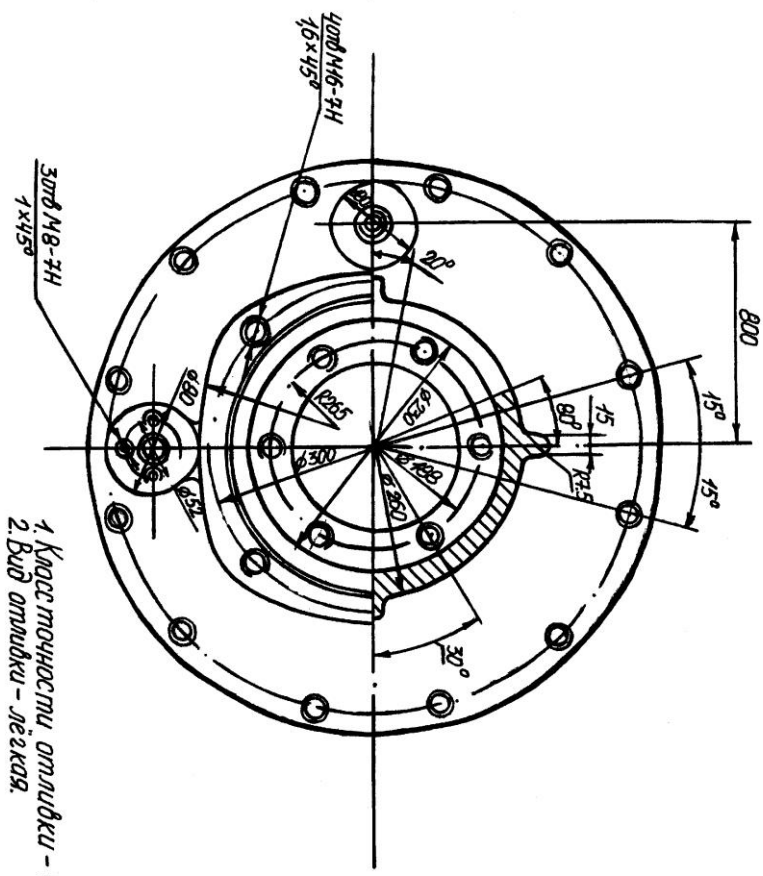
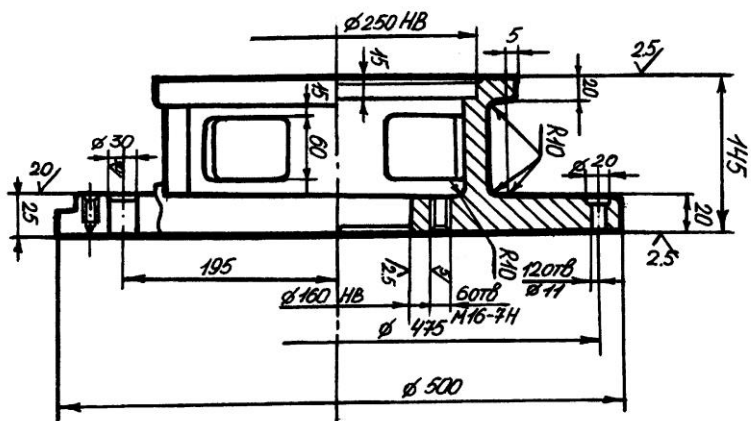
1. Вид отливки — средняя
2. Класс точности 12 по ГОСТ 1855
3. Формовочные уклады по ГОСТ 3212
4. Раковины на пов-ти не допускаются
5. НВ — не регламентируется

Муфта		ДГЛУ		Вариант N 1
См		Каредра МДП		Матер.
Пр.				

Варіант 6

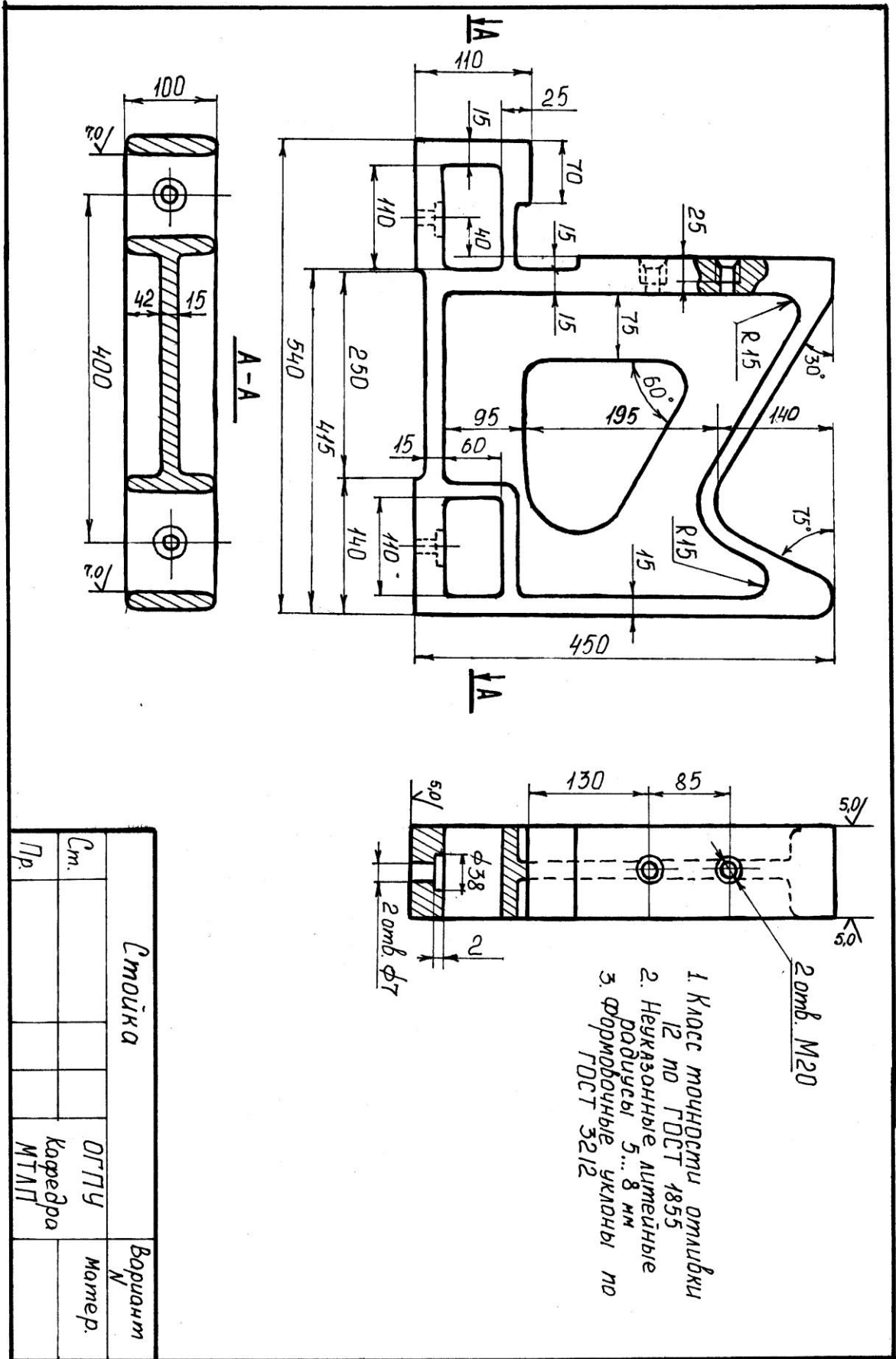


Вариант 8

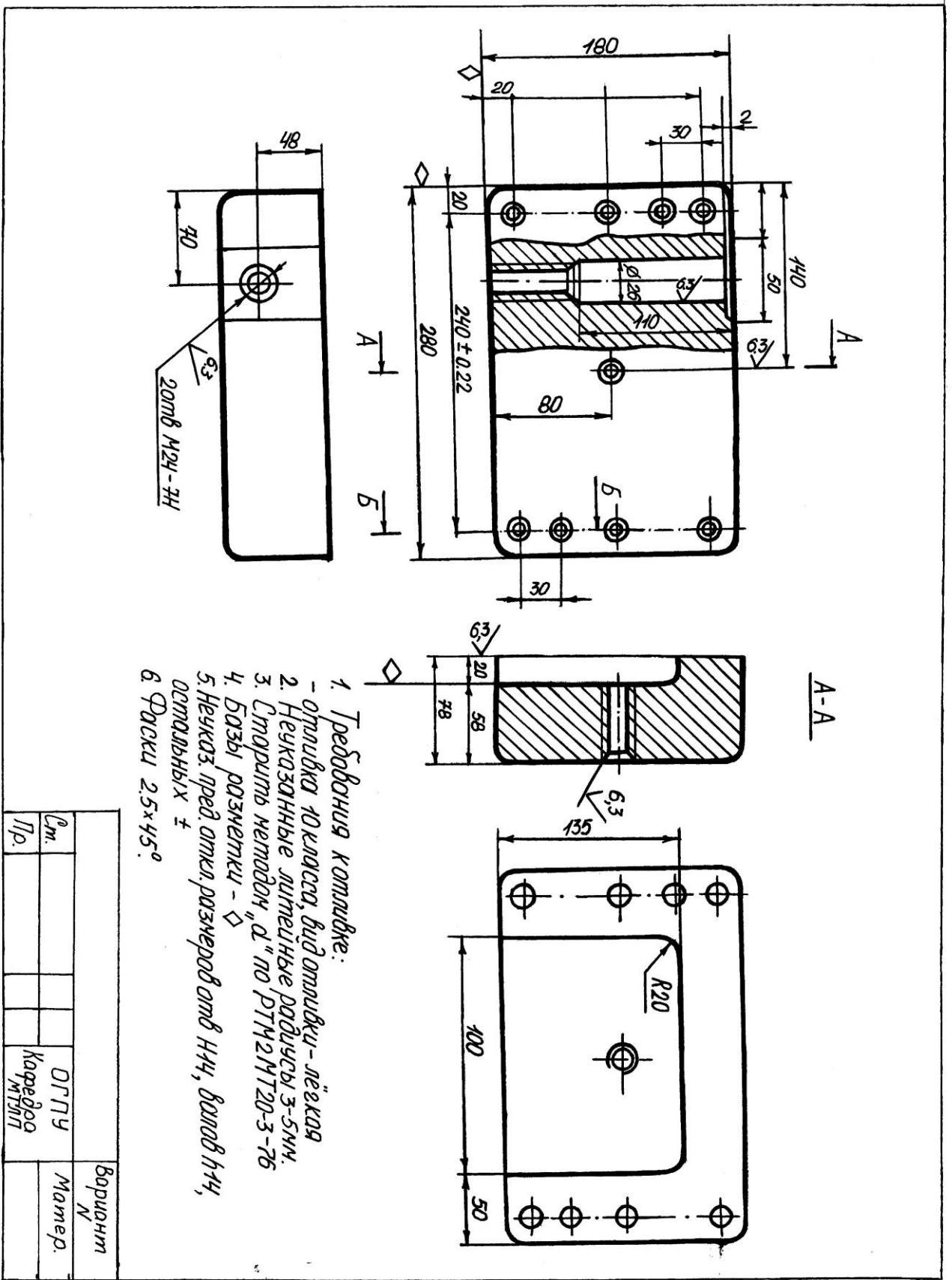


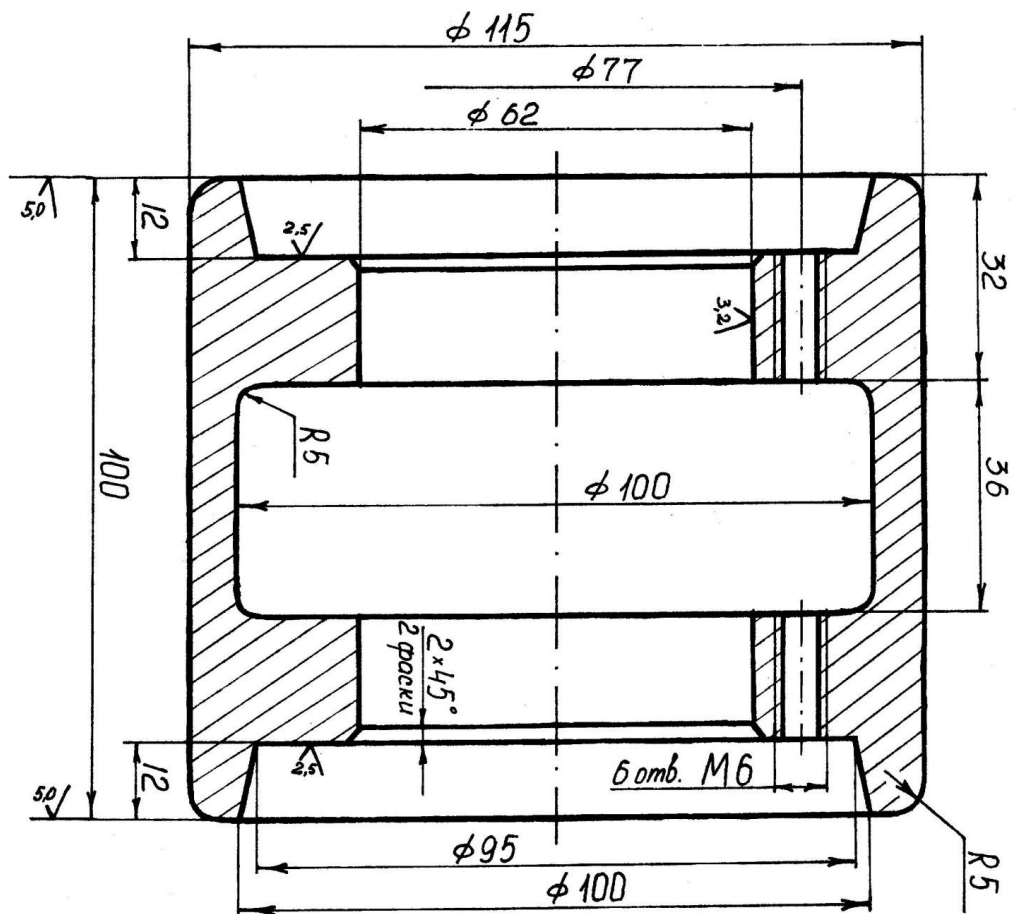
1. Класс точности отливки - 10
 2. Вид отливки - лезкая.

Проставка				Вариант N 13
Ст.		ДГЛУ	Мамер.	
Пр.		Кадрово МТМ		



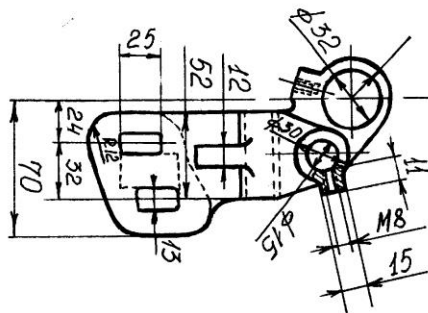
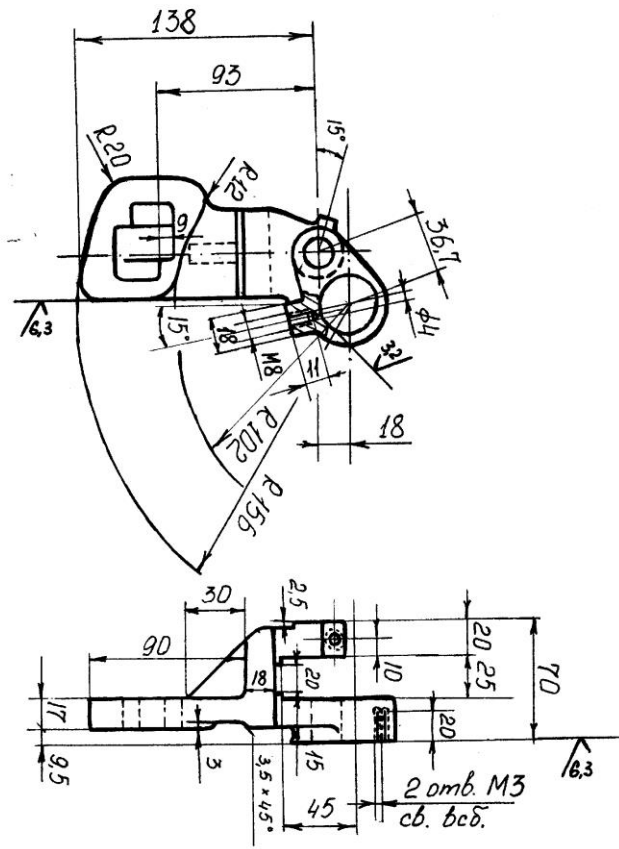
Стойка				Вариант №
Ст.	ОГПУ	кафедра	МТАИТ	Матер.
Пр.				



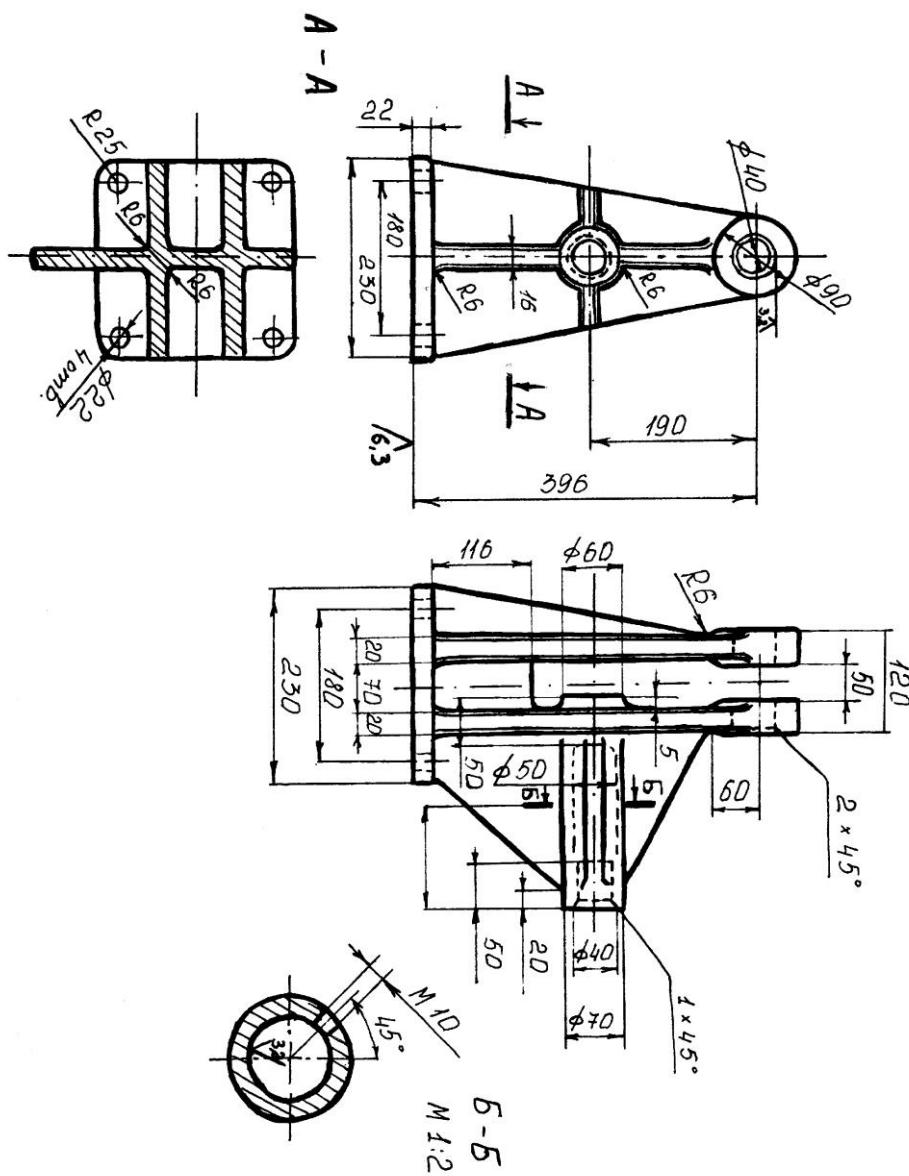


1. Литейные уклоны по ГОСТ 3212
2. НВ — не регламентируется
3. Вид отливки — лезка

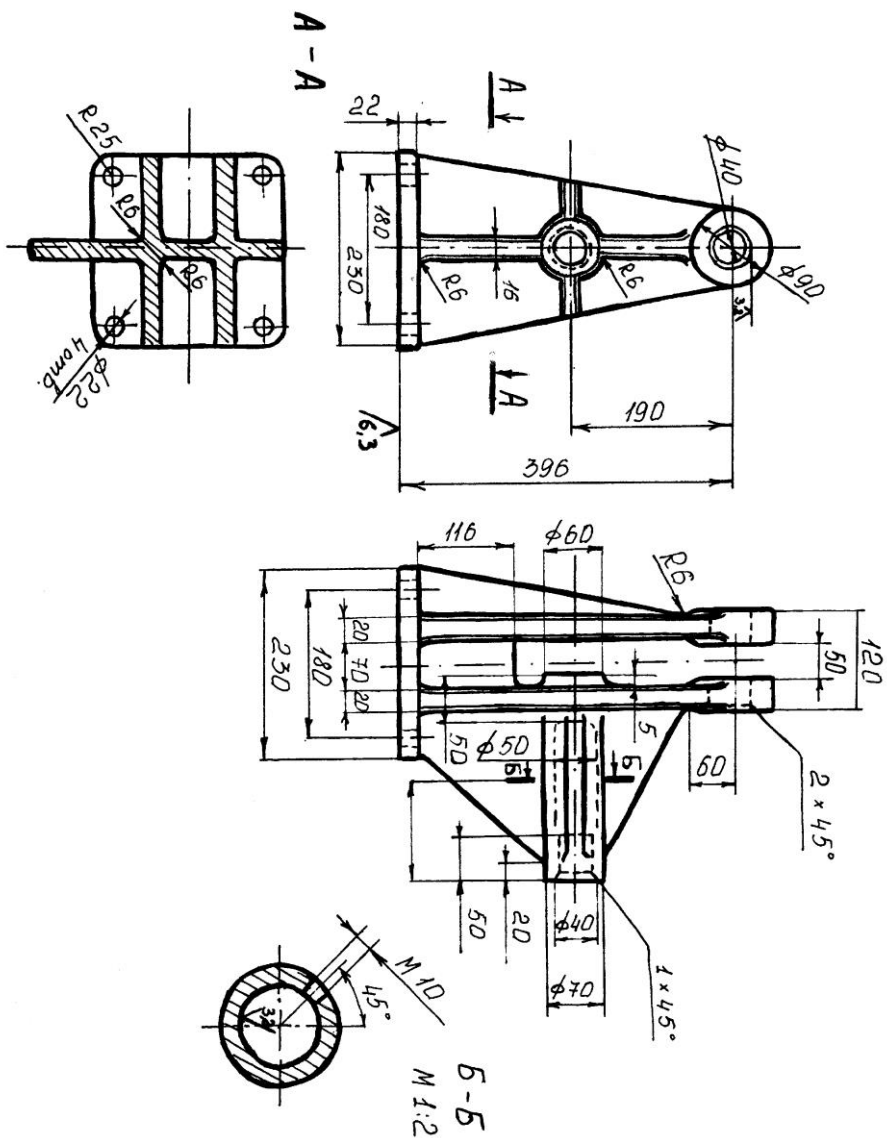
Муфта		ДГТУ		Кафедра МТЛТ	Вариант № 16
См.	Лр.				



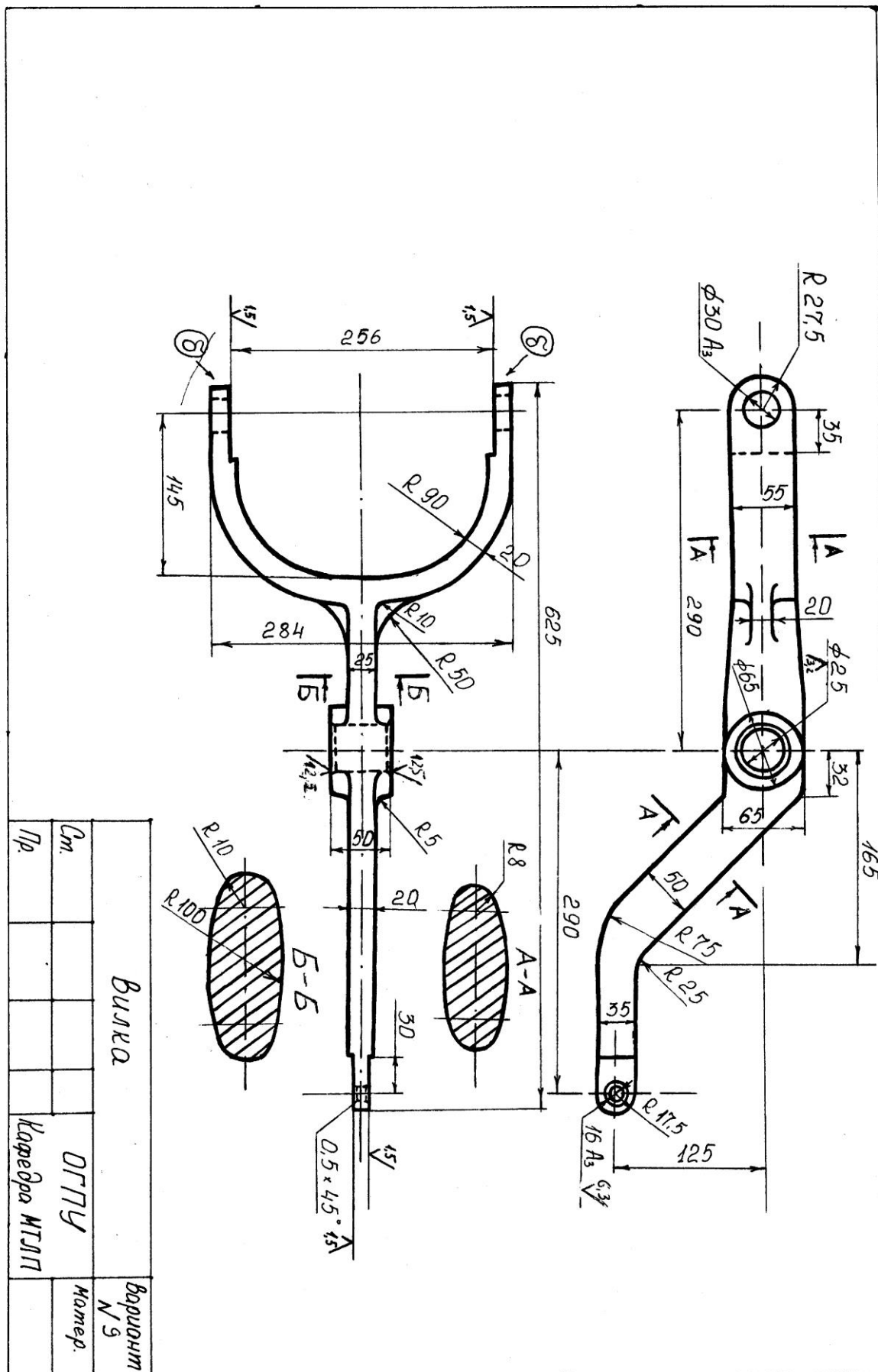
Лр.					Корпуса МТЛП		
См.					ДТЛУ		Вариант N
							Мамер.
					Гитара правая		

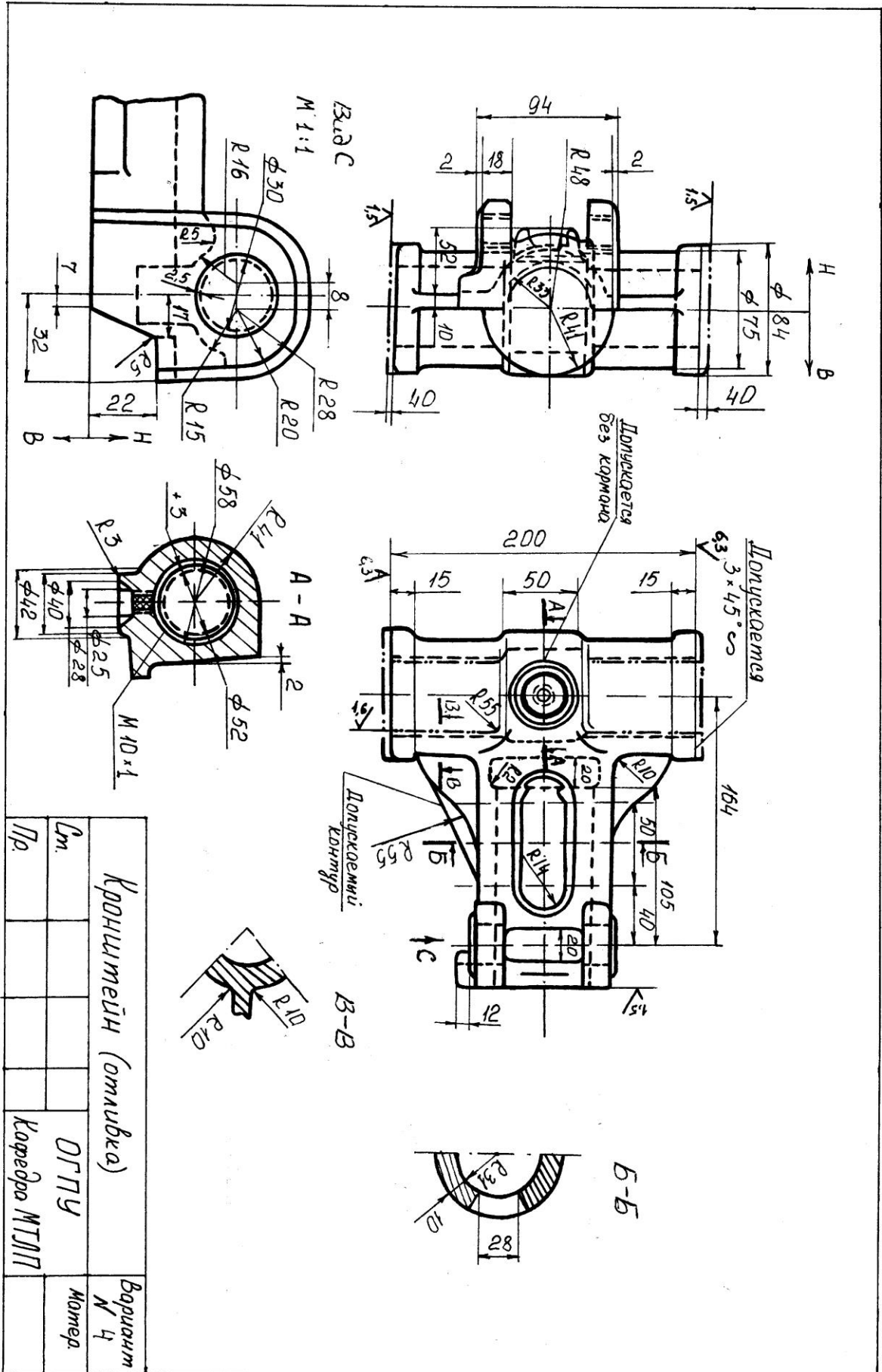


Кронштейн				Вариант № 8
См.		ДПТУ	Каредра МТАП	номер.
Пр.				



Кронштейн		Вариант № 8
Дм.	ДЛТУ	номер.
Пр.	Корпуса МТАП	





СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Анисович Г. А., Жмакіна Н. П. Охолодження виливки в комбінірованій форми. М., «Машинобудування», 1969. 136 с.
2. Вейник А. І. Теплові основи теорії лиття. М., Машгиз, 1953. 384 с.
3. Вейник А. І. Теорія затвердіння виливки. М., Машгиз, 1960. 436 с.
4. Вейник А. І. Розрахунок виливки, М., «Машинобудування», 1964. 404 с.
5. Гребер Г., Ерк С., Грігулл У. Основи вчення про теплообміні. Пер. з нім., М., Изд-во іноз. лит., 1958. 568 с.
6. Гуляев Б. Б. Затвердіння і неоднорідність сталі. Под ред. Ю. А. Нехендз. М.-Л., Металлургиздат, 1950. 228 с.
7. Гуляев Б. Б. Ливарні процеси. М.-Л., Машгиз, 1960. 416 с.
8. Кутателадзе С. С. Основи теорії теплообміну. М., Машгиз, 1957. 384 с.
9. Коцюбинський О. Ю. Викривлення чавунних виливків від залишкових напружень. М., «Машинобудування», 1965. 175 с.
10. Лаврентьев М. А., Шабат Н. А. Методи теорії функцій комплексного змінного. М., «Наука», 1973. 736 с.
11. Рабинович Б. В. Ливарна гідравліка. М., «Машинобудування», 1966. 424 с.
12. Раддл Р. У. Затвердіння виливків. Пер. з англ. М., Машгиз, 1960. 392 с.
13. Хворінов Н. І. Затвердіння виливків. Пер. з нім. і чешок. М., Изд-во іноз. лит., 1955. 198 с.