

Критерии оценивания

1. Wideröe linac (7 баллов)

№	Критерий	Балл
1.1	Записана связь скорости v_1 в конце первого зазора с кинетической энергией E ($E = mv_1^2/2$).	0,5
1.2	Использована связь расстояния x_0 со скоростью v_1 и временем τ для равноускоренного движения (через среднюю скорость или площадь под графиком).	1,0
1.3	Получен верный ответ для первого зазора: $x_0 = \tau\sqrt{E/2m}$.	0,5
1.4	Указано, что время пролёта первой трубки должно составлять нечётное число интервалов τ .	0,5
1.5	Сформулировано условие синхронизма для всех последующих трубок: время пролёта должно быть кратно 2τ .	1,0
1.6	Обосновано, что для минимальной длины время пролёта первой трубки должно быть τ , а всех последующих — 2τ .	1,0
1.7	Записано выражение для скорости частицы в n -й трубке $v_n = \sqrt{2nE/m}$ через номер этапа ускорения.	0,5
1.8	Указана связь длины трубки со скоростью: $L_1 = v_1\tau$, а для последующих $L_n = v_n \cdot 2\tau$ (при $n \geq 2$).	1,0
1.9	Получен верный ответ для отношения длин трубок: $1 : 2\sqrt{2} : 2\sqrt{3} : \dots : 2\sqrt{n}$.	1,0

Примечания.

- *Ошибка в коэффициенте:* в случае, если в п. 1.2 допущена ошибка в коэффициенте (например, использована формула для равномерного движения $x_0 = v_1\tau$), баллы по пунктам 1.2 и 1.3 не выставляются.
- *Арифметические ошибки:* ошибки в арифметических расчётах в пунктах 1.7, 1.8 при верном физическом ходе решения приводят к снижению оценки за соответствующий пункт на 50%.

2. Цилиндры (14 баллов)

№	Критерий	Балл
1. Диапазон плотностей ($k = 4$) (8,0 баллов)		8,0
1.1	Записано базовое условие плавания меньшего сосуда (равенство силы Архимеда и суммы сил тяжести материала и воды).	0,7
1.2	Получено выражение для отношения объёма погружённой части к полному объёму: $V'_1/V_1 = x/k + \alpha(k-1)/k$, где $x = \rho/\rho_0$.	0,8
1.3	Сформулировано условие плавания «не погружаясь целиком», записано неравенство $V'_1 \leq V_1$ или аналогичное.	0,7
1.4	Получено аналитическое ограничение на плотность из условия плавания: $\rho \leq \rho_0[k - \alpha(k-1)]$.	1,3

1.5	Обоснована необходимость условия «некасания дна» (сравнение глубины погружения h'_1 и итогового уровня воды h_2 в большем сосуде).	0,7
1.6	Верно выражен объём воды в большем сосуде $V_{в2}$ и итоговый уровень воды h_2 с учётом объёма погружённой части V'_1 .	0,8
1.7	Проведены алгебраические преобразования неравенства $h'_1 < h_2$ с использованием соотношения площадей $S_2 = 4S_1$.	0,5
1.8	Получено второе аналитическое ограничение на плотность: $x < \frac{5}{3}\alpha(k - 1)$ (или эквивалентное для ρ).	1,0
1.9	Найдена точка пересечения ограничений (α^*, x^*) и обосновано, что искомому максимуму соответствует $\rho^* = x^* \rho_0$.	0,5
1.10	Получен верный численный диапазон плотностей: $1000 \text{ кг/м}^3 < \rho < 2500 \text{ кг/м}^3$ (по 0,5 балла за каждую границу).	1,0
2. Анализ параметра k (2,5 балла)		2,5
2.1	Указано, что диапазон исчезает, когда минимально возможная плотность для плавания $\rho^* \leq \rho_0$.	0,5
2.2	Записано уравнение или неравенство для критического случая через параметры k и ρ_0 .	0,5
2.3	Проведены корректные алгебраические выкладки по нахождению критического значения.	0,5
2.4	Получен верный численный ответ для критического значения: $k \leq 1,6$.	1,0
3. Система из N сосудов (3,5 балла)		3,5
3.1	Записано рекуррентное соотношение для массы стенок и дна сосудов.	1,0
3.2	Обоснована зависимость общей массы «матрёшки» от числа сосудов $M(N) \propto N^4$.	0,5
3.3	Показано, что объём растёт медленнее массы: $V(N) \propto N^3$, из чего следует неизбежная потеря плавучести.	1,0
3.4	Сделан верный вывод о том, что утверждение ложно.	1,0

Примечания.

- *Математические ошибки:* ошибки в математических преобразованиях при верно записанных физических уравнениях снижают балл за соответствующий пункт на 50%.
- *Логика в части 3:* если в пункте 3.4 дан верный ответ при полностью неверных физических рассуждениях в пунктах 3.1–3.3, выставляется полный балл за этот пункт.

3. Кризис кипения (9 баллов)

№	Критерий	Балл
1. Расчет критической мощности (5,0 баллов)		5,0
1.1	Записана связь массы пара с подводимой энергией через теплоту парообразования: $\Delta m = W\Delta t/L$.	1,0
1.2	Выражена скорость пара u через изменение объёма: $Su\Delta t = \Delta m/\rho$.	1,0

1.3	Получена явная зависимость скорости от мощности: $u = W/(\rho SL)$.	0,5
1.4	Использовано равенство динамического давления пара критическому значению P для определения точки смены режима.	1,0
1.5	Получена итоговая формула для критической мощности: $W_0 = SL\sqrt{2\rho P_{\text{крит}}}$.	0,5
1.6	Получен верный численный ответ для критической мощности: $W_0 \approx 89$ кВт.	1,0
2. Теоретический перегрев стенки (2,5 балла)		2,5
2.1	Записана уравнение теплового баланса для стационарного режима при наличии паровой пленки: $1,1W_0 = \alpha S\Delta T$.	1,5
2.2	Получен верный численный ответ для температуры: $\Delta T \approx 61\,000$ °С.	1,0
3. Время выкипания чайника (1,5 балла)		1,5
3.1	Записана мощность в режиме пузырькового кипения через заданный перегрев и связь со временем выкипания.	1,0
3.2	Получен верный численный ответ: $t \approx 1130$ с (или ≈ 19 мин).	0,5

Примечания.

- *Размерности:* ошибки в степенях десятки (*перевод МДж или см²*) или другие ошибки в вычислениях по верной формуле снижают балл за численный ответ в п. 2.2 на 50%.
- *Преобразования:* верные физические рассуждения, не приводящие к правильным итоговым формулам вследствие ошибок в математических преобразованиях, приводят к снижению балла за соответствующий пункт на 50%.

4. Нелинейная верёвка (10 баллов)

№	Критерий	Балл
1. Построение графика $F(x)$ (4,0 балла)		4,0
1.1	Из решения следует понимание того, что дифференциальная жёсткость на линейных участках эквивалентна обычной жёсткости ($\Delta F/\Delta x = F/x$ или что-то подобное).	0,5
1.2	Рассчитаны характерные точки перегибов/скачков: $x_1 = 1$ см, $x_2 = 4$ см, $x_3 = 12$ см (по 0,5 балла за каждую верно найденную точку).	1,5
1.3	На рисунке верно отображены скачки силы (вертикальные линии вниз или разрывы) при $x = 1$ см и $x = 4$ см.	0,5
1.4	График представлен в виде ломаной (линейные участки между разрывами) с верным качественным соотношением наклонов.	1,0
1.5	На осях графика $F(x)$ подписаны численные значения в ключевых узловых точках.	0,5
2. График $x(t)$: Фаза нагружения (5,0 баллов)		5,0
2.1	Найдены моменты времени разрывов: $t_1 = 12$ мин и $t_2 = 24$ мин.	1,0
2.2	Рассчитаны значения x сразу после скачков (переход на новую ветвь): 2 см и 8 см (по 1,0 балла за каждое верно найденное значение).	2,0

2.3	Рассчитано пиковое значение удлинения $x(30) = 10$ см (для силы 50 Н).	0,5
2.4	На графике $x(t)$ явно выделены вертикальные участки (мгновенность разрыва).	1,0
2.5	Участки между скачками изображены как отрезки прямых (линейный рост из начала координат).	0,5
3. График $x(t)$: Фаза разгрузки (1,0 балл)		1,0
3.1	График разгрузки представлен в виде прямой линии, соединяющей точки (30 мин; 10 см) и (60 мин; 0 см), без обратных скачков.	1,0

Примечания.

- *Ошибки в вычислениях:* арифметические ошибки при правильном ходе решения и верном виде графиков приводят к снижению баллов за соответствующие расчетные пункты на 50%.
- *Оформление графиков:* масштаб по осям может быть любым, в том числе не пропорциональным или сбитым, но если значения в особых точках найдены верно, это к снижению баллов не приводит.