

УДК 615.471

Н.И. КУБЫШКИНА, аспирант, НТУ «ХПИ»

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АППАРАТОВ ДЛЯ ГАЛЬВАНИЗАЦИИ И ЛЕКАРСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Представлені результати порівняльного аналізу характеристик електротерапевтичних апаратів для гальванізації та лікарського електрофорезу різних поколінь. Аналіз проводився шляхом експериментальних досліджень характеристик цих апаратів

The results of the comparable analysis of descriptions of electrotherapeutic devices for galvanization and medicinal electrophoresis of different generation are presented. An analysis was conducted by experimental researches of these devices

Благодаря высокой эффективности лечебного действия электрического тока на организм человека, относительной простоте методик лечения, растущей потребности практической медицины в немедикаментозных методах лечения, электротерапия с успехом применяется в медицинской практике. Постоянный электрический ток применяется для проведения процедур гальванизации и лекарственного электрофореза. Под влиянием такого тока в тканях организма происходят сложные биофизические и биохимические процессы, возникают различные физиологические реакции, вызывающие терапевтические эффекты: противовоспалительный, лимфодрунирующий, гипоалгезирующий, седативный (на аноде), сосудорасширяющий, миорелаксирующий, секреторный (на катоде) [1, 2].

В настоящее время в медицинских учреждениях Украины эксплуатируется достаточно большое количество электротерапевтических аппаратов для гальванизации и лекарственного электрофореза, как специализированных, так и многофункциональных. Наиболее часто в кабинетах физиотерапии используются такие аппараты как ПОТОК-1, ГР-1М и ГР-2 (для гальванизации полости рта), «НИОН». В последние годы стали появляться аппараты нового поколения: ЭЛЭСКУЛАП, ПОТОК-М, АКСИДИН-ВИТА, ЭЛФОР-ПРОФ, и др. Большое разнообразие аппаратов, представленных на отечественном рынке медицинской техники, не всегда позволяет сделать правильный выбор, основываясь лишь на паспортных данных.

Цель данной работы состоит в сопоставительном анализе аппаратов для гальванизации и лекарственного электрофореза, которые в настоящее время предлагаются к продаже и используются в медицинских учреждениях. Сопоставительный анализ проводился путем экспериментальных исследований характеристик аппаратов с учетом возмущающих факторов, оказывающих влияние на стабильность выходного тока аппарата.

Для проведения экспериментальных исследований были отобраны четыре аппарата: ПОТОК-1, НИОН, ЭЛЭСКУЛАП и АНЭТ-50 ГТ (см. рис. 1). Технические данные аппаратов [3-6] сведены в табл. 1.

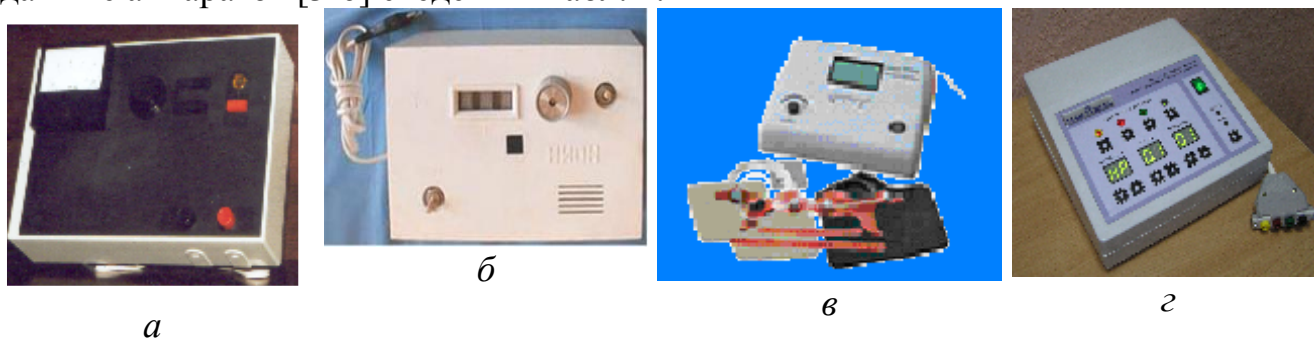


Рис. 1. Электротерапевтические аппараты: ПОТОК-1 (а); НИОН (б); ЭЛЭСКУЛАП (в); АНЭТ-50 ГТ (г)

Процедуры гальванизации и лекарственного электрофореза дозируют по плотности тока (значение силы тока на 1 см² площади прокладки активного электрода) и по продолжительности воздействия. Ток в начале процедуры задается с учетом методики ее проведения и субъективных ощущений пациента, которые определяются чувствительностью кожи, индивидуальной переносимостью тока, полом, возрастом и другими причинами. При этом терапевтическая эффективность процедуры в значительной степени зависит от стабильности тока на всем ее протяжении (допустимое отклонение не более 5 %).

Таблица 1. Технические данные электротерапевтических аппаратов

Название аппарата	ПОТОК-1	НИОН	ЭЛЭСКУЛАП	АНЭТ-50 ГТ
Производитель	Завод электромедицинской аппаратуры, г. Свердловск, Россия [3]	Николаевское малое предприятие «Черномор», г. Николаев, Украина [4]	ООО «МедТеКо», Москва-Мытищи, Моск. обл., Россия [5]	Фирма «Радмир» ДП АО НИИРИ, г. Харьков, Украина [6]
Год выпуска	1988	1993	2007	2008
Масса, не более, кг	2,5	1,5	3	2
Габаритные Размеры, мм	270×180×100	220×145×85	250×200×100	80×220×220
Потребляемая мощность, ВА	11	10	50	10
Параметры напряжения питания аппарата	220 В, 50 Гц	220 В, 50 Гц	220 В ± 10 %, 50 Гц	220 ± 10 %, 50 Гц.
Коэффициент пульсаций, не более	0,5 %	0,5 %	*	0,5 %
Таймер	отсутствует	отсутствует	есть	есть
Диапазон установки таймера, мин	–	–	(1...99) ±5 %	(1...99) ±3 %
Отображение фактического значения	есть (стрелочный при-	есть (цифровой	нет (отображается за-	есть (цифровой инди-

выходного тока	бор)	индикатор)	данное значение выходного тока	катор)
Поддиапазоны регулирования выходного тока, мА	0-5 0-50	0-5 0-50	0-5 0-10 0-20 0-50 0-80	0,1-5 5-50 (автоматический переход с одного поддиапазона на другой)
Максимальное значение выходного тока, мА (при $R_H=500$ Ом)	50±5	50±5	80	50

Продолжение табл. 1

Название аппарата	ПОТОК-1	НИОН	ЭЛЭСКУЛАП	АНЭТ-50 ГТ
Воздействие импульсным током с потсоанной частотой	отсутствует	отсутствует	отсутствует	есть
Воздействие импульсным током с изменяющейся частотой	отсутствует	отсутствует	отсутствует	есть (четыре сканирующих режима)
Возможность проведения процедур одновременно с тремя и четырьмя электродами	через дополнительное устройство	через дополнительное устройство	через дополнительное устройство	есть
Самодиагностика аппарата	отсутствует	отсутствует	*	есть (при включении и во время проведения процедуры)

* – отсутствуют данные

При проведении процедур гальванизации и лекарственного электрофореза плотность тока может быть определена выражением

$$J = I_{ВЫХ} / S, \quad (1)$$

где S – площадь активного электрода (величина постоянная),

$I_{ВЫХ}$ – выходной ток аппарата, который в свою очередь зависит от его выходного напряжения $U_{ВЫХ}$ и сопротивления $R_{МЭ}$ межэлектродного участка

$$I_{ВЫХ} = U_{ВЫХ} / R_{МЭ}. \quad (2)$$

Выходное напряжение аппаратов формируется из напряжения питающей сети U_C и, следовательно, находится с ним в некоторой функциональной зависимости

$$U_{ВЫХ} = f(U_C). \quad (3)$$

Таким образом, плотность тока при проведении процедур гальванизации и лекарственного электрофореза является функцией двух переменных

$$J = f(R_{МЭ}, U_C). \quad (4)$$

Относительно первой переменной $R_{МЭ}$ принято считать, что из-за разогревания и увлажнения тела в процессе проведения процедуры сопротивление межэлектродного участка уменьшается [1]. В процессе экспериментальных исследований, проводимых при проведении процедур лекарственного электрофореза по различным методикам, было зафиксировано, что сопротивление межэлектродного участка может изменяться в диапазоне от -36% до $+12\%$ от начального значения. Поскольку исследования были проведены при ограниченном количестве методик и пациентов, было сделано предположение, что диапазон изменения сопротивления межэлектродного участка при воздействии постоянным электрическим током может быть несколько шире [7].

Зависимость выходного тока аппарата от сопротивления его нагрузки называется нагрузочной характеристикой. Исследования нагрузочной характеристики аппаратов проводили при номинальном напряжении питания (220 В) и нескольких начально-установленных значениях выходного тока. Начальные значения тока выбирались одинаковыми для всех аппаратов и равными 0,5; 2; 4,5; 7; 20 и 45 мА. В аппарате ЭЛЭСКУЛАП была дополнительно исследована нагрузочная характеристика при начально-установленном значении выходного тока 75 мА. Сопротивление нагрузки изменяли в пределах от 300 до 600 Ом, что соответствует отклонению от номинального значения (500 Ом) от -40% до $+20\%$. Результаты исследований в виде графиков приведены на рис. 2.

Оценку степени влияния (отклонения) изменения сопротивления нагрузки на выходной ток аппарата, осуществляли по выражению

$$\sigma_I(R_{МЭ}) = \frac{|I_{ВЫХ} - I_{ВЫХ(500)}|}{I_{ВЫХ(500)}} \cdot 100\% \quad (5)$$

где $I_{ВЫХ}$ – выходной ток аппарата при изменении сопротивления нагрузки;
 $I_{ВЫХ(500)}$ – начально-установленное значение выходного тока при сопротивлении нагрузки 500 Ом.

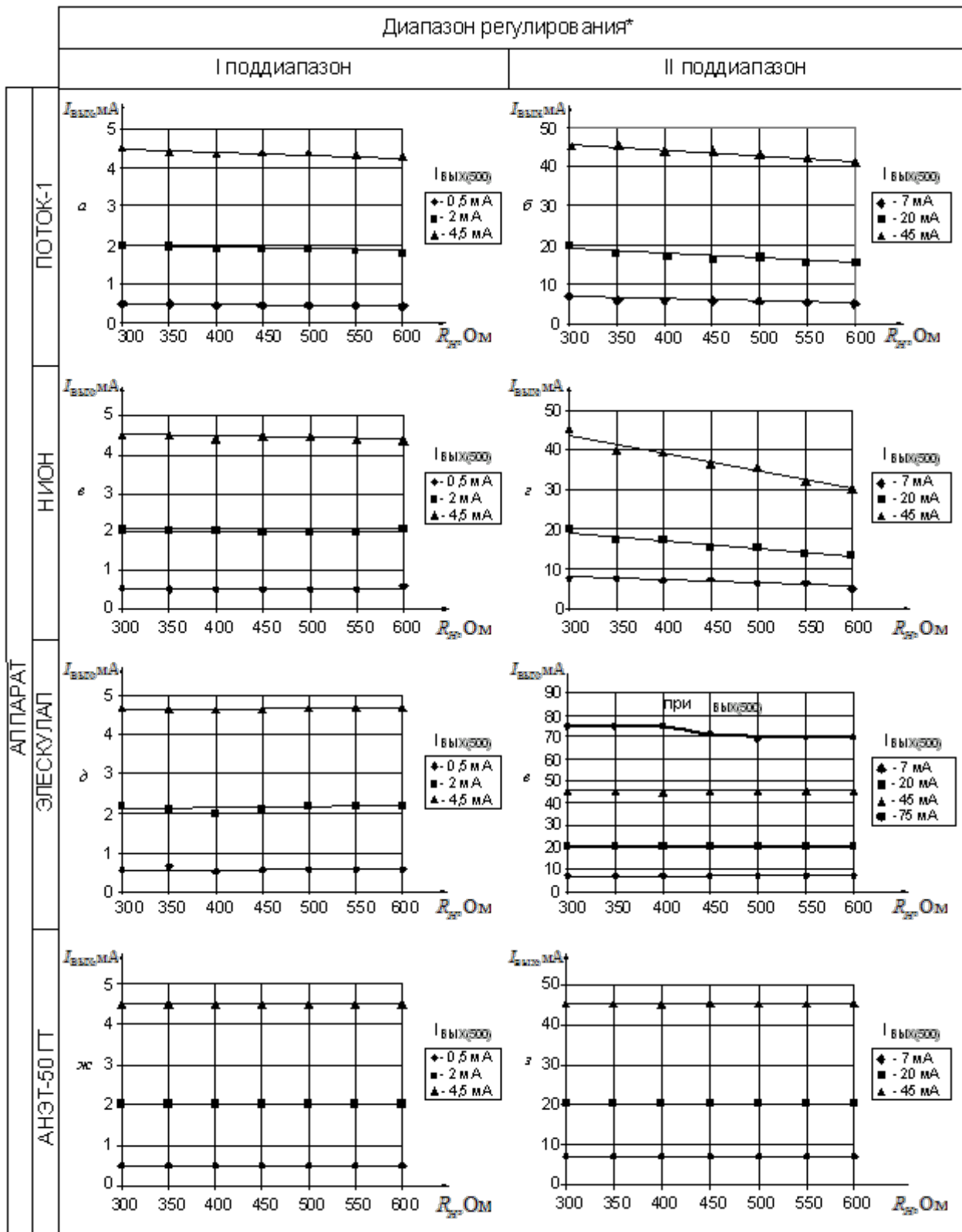
Расчеты отклонений по выражению (5) приведены на рис. 3 в виде столбчатых диаграмм.

Нагрузочные характеристики аппаратов ПОТОК-1 и НИОН в 1-м поддиапазоне значительно лучше («жестче»), чем во 2-м (см. рис. 2, а, в и рис. 2, б, г), поскольку отклонения в 1-м поддиапазоне составляют не более 9% (рис. 3, а, в), а во 2-м – достигают порядка 50% (рис. 3, б, г).

Нагрузочные характеристики аппарата ЭЛЭСКУЛАП во всех поддиапазонах регулирования выходного тока (см. рис. 2, д, е) лучше, чем у аппаратов ПОТОК-1 и НИОН. Отклонения выходного тока здесь не превышают 2%. Ис-

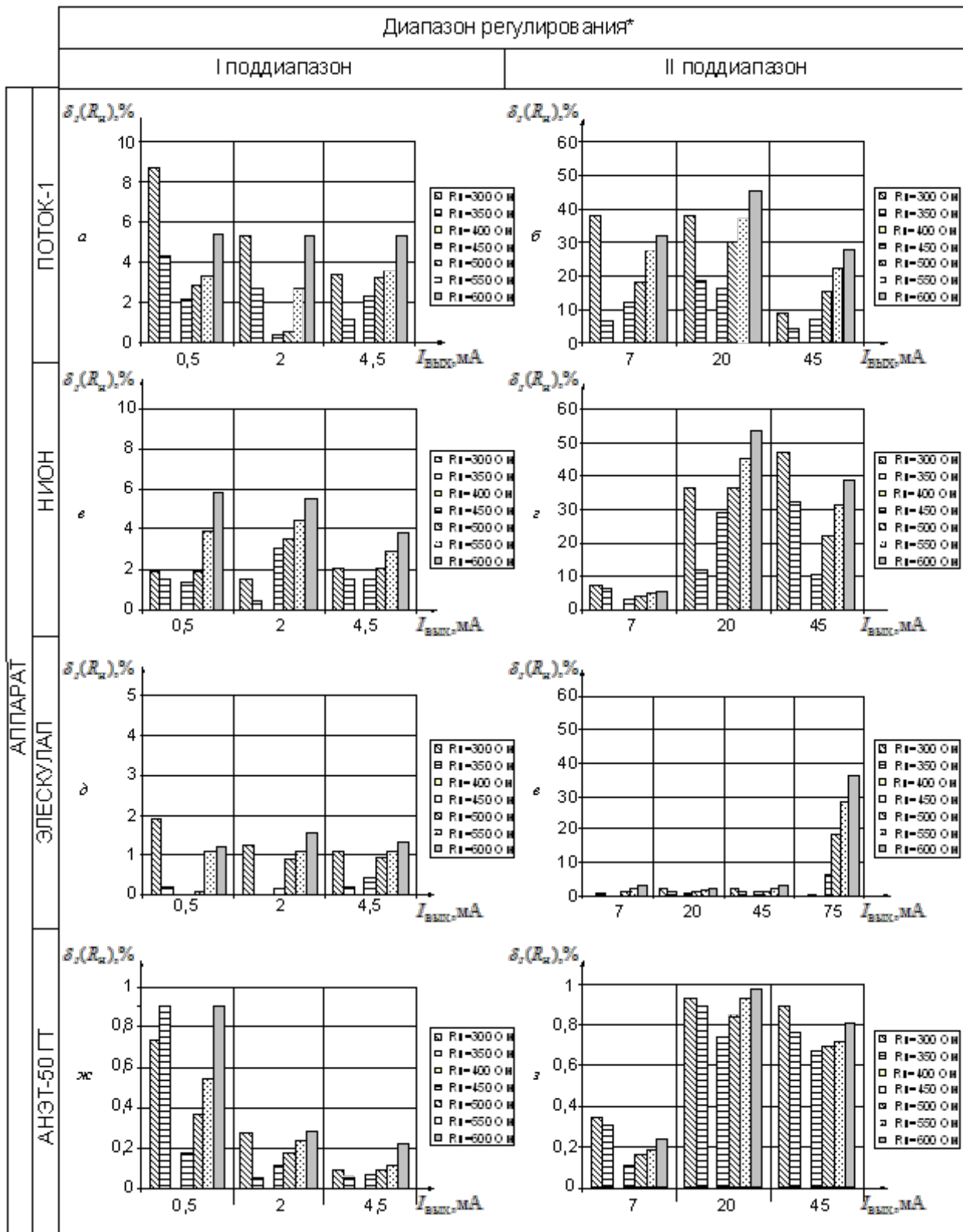
ключение составляет случай с начально-установленным значением выходного тока равным 75 мА (5-й поддиапазон), где отклонение достигает практически 40 % (см. рис. 3, *д, е*).

Судя по результатам исследований нагрузочные характеристики аппарата АНЭТ-50 ГТ являются наиболее «жесткими» при всех начально-установленных значениях выходного тока в обоих поддиапазонах его регулирования (см. рис. 2, *ж, з*). Максимальное отклонение выходного тока составляет не более 1 % (см. рис. 3, *ж, з*).



Нагрузочные характеристики аппарата ЭЛЭСКУЛАП исследовались в 1-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 0,5; 2,0$ и $4,5$ мА, во 2-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 7$ мА, в 3-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 20$ мА, в 4-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 45$ мА и в 5-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 75$ мА.

Рис. 2. Нагрузочные характеристики аппаратов для гальванизации и лекарственного электрофореза



Нагрузочные характеристики аппарата ЭЛЭСКУЛАП исследовались в 1-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 0,5; 2,0$ и $4,5$ мА, во 2-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 7$ мА, в 3-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 20$ мА, в 4-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 45$ мА и в 5-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 75$ мА.

Рис. 3. Оценка влияния изменений сопротивления нагрузки аппаратов для гальванизации и лекарственного электрофореза на их выходной ток

Таким образом, в аппаратах ПОТОК-1 и НИОН степень влияния изменения сопротивления нагрузки аппарата на выходной ток оказывается наибольшей, что, очевидно, вызывает сложности дозирования параметров воздействия во время проведения процедур, при условии существенного изменения сопротивления межэлектродного участка.

Что касается второй переменной – напряжения питающей сети (см. (4)), от которой зависит плотность тока при проведении процедур гальванизации и лекарственного электрофореза, то здесь следует отметить, что нормально допустимые отклонения установившегося напряжения в электросетях, согласно ГОСТ 13109-97 «Нормы качества электрической энергии в системах энергоснабжения общего назначения», находятся в диапазоне $\pm 5\%$, а предельно допустимые значения отклонения – в диапазоне $\pm 10\%$.

Для оценки реальных отклонений напряжения питающей сети от номинального значения (220 В) было проведено исследование электрической сети, от которой осуществляется питание аппаратов физиотерапевтического отделения одного из лечебно-профилактических учреждений г. Харькова [8]. Измерения напряжения питающей сети производились с помощью измерителя частоты и напряжения питающей сети ИЧНПС-1МЦ, разработанного в НТУ «ХПИ», и записывались в течение нескольких дней в память персонального компьютера. Результаты измерений напряжения одной из фаз в течение рабочего дня представлены на рис. 4. График приведен для одной из фаз, где были зафиксированы наиболее существенные изменения напряжения питающей трехфазной сети.

Из графика видно, что напряжение питающей сети колеблется в диапазоне от 237В до 264 В.



Рис. 4. Изменения напряжения питающей сети в течение рабочего дня

При анализе изменений напряжения питающей сети во внимание принималось также динамическое отклонение, которое определяли как относительную разность максимального и минимального значений напряжений на интервале проведения процедуры

$$\delta_{\text{ДИН}} = \frac{\left| (U_{\phi \text{ MAX}} - U_{\phi \text{ MIN}}) \right|_{\tau_{\text{ПП}}}}{U_{\text{H}}} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где $\tau_{\text{ПП}}$ – продолжительность процедуры, принятая при расчетах равной 20 минутам, что соответствует продолжительности большинства проводимых электроте-

рапевтических процедур;

$U_{\Phi MAX}$ – максимальное значение напряжения питающей сети;

$U_{\Phi MIN}$ – минимальное значение напряжения питающей сети;

U_H – номинальное значение напряжения питающей сети.

Результаты отклонения напряжения питающей сети от номинального значения в течение каждых 20 минут приведены на рис. 5.

Как видно из графика, отклонение напряжения питающей сети от номинального напряжения практически достигает 10 %. Поэтому анализ изменения выходного тока аппаратов при изменении напряжения питающей сети является не менее важным, чем анализ нагрузочных характеристик.

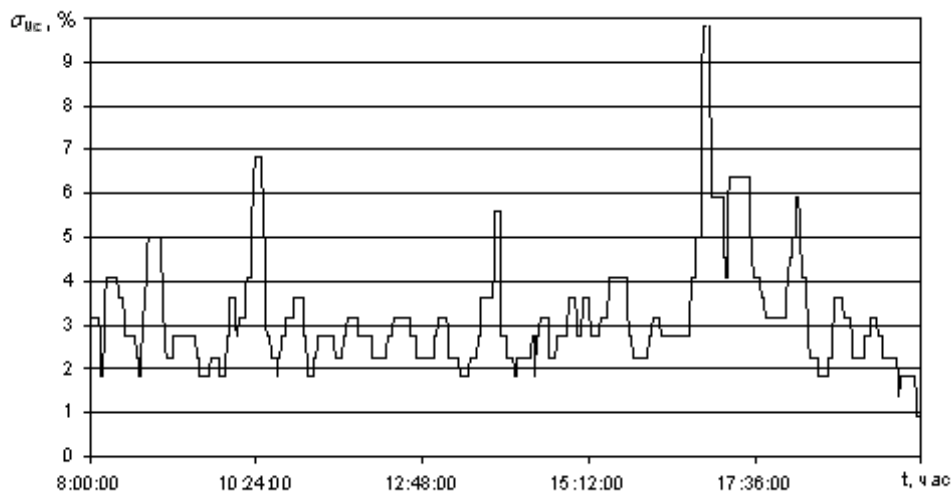


Рис. 5. Отклонение напряжения питающей сети от номинального значения в течение каждых 20 мин. на интервале с 8.00 до 20.00

Исследования влияния изменений напряжения питания на выходной ток аппаратов проводили при номинальном сопротивлении нагрузки (500 Ом) и нескольких начально-установленных значениях выходного тока. При этом напряжение питания меняли в пределах от 198 В до 242 В, что соответствует отклонению на ± 10 % от номинального значения напряжения питающей сети.

Результаты исследований в виде графиков приведены на рис. 6.

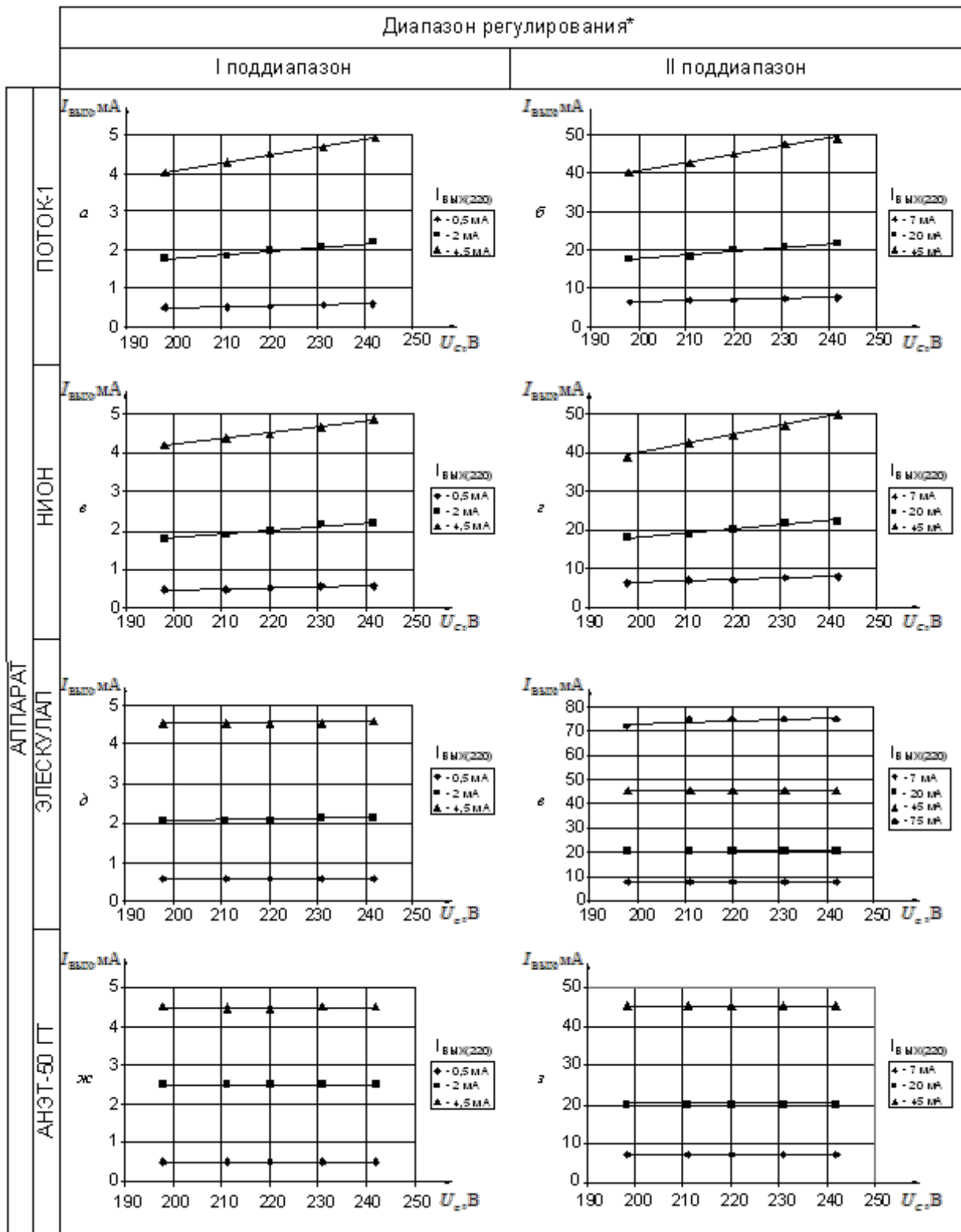
Степень влияния (отклонения) изменений напряжения питания на выходной ток аппарата, определяли по выражению

$$\sigma_I(U_c) = \frac{|I_{ВЫХ} - I_{ВЫХ(220)}|}{I_{ВЫХ(220)}} \cdot 100 \% \quad (7)$$

где $I_{ВЫХ}$ – выходной ток аппарата при изменении напряжения питающей сети;

$I_{ВЫХ(220)}$ – начальное значение выходного тока, установленное при номинальном напряжении питания 220 В.

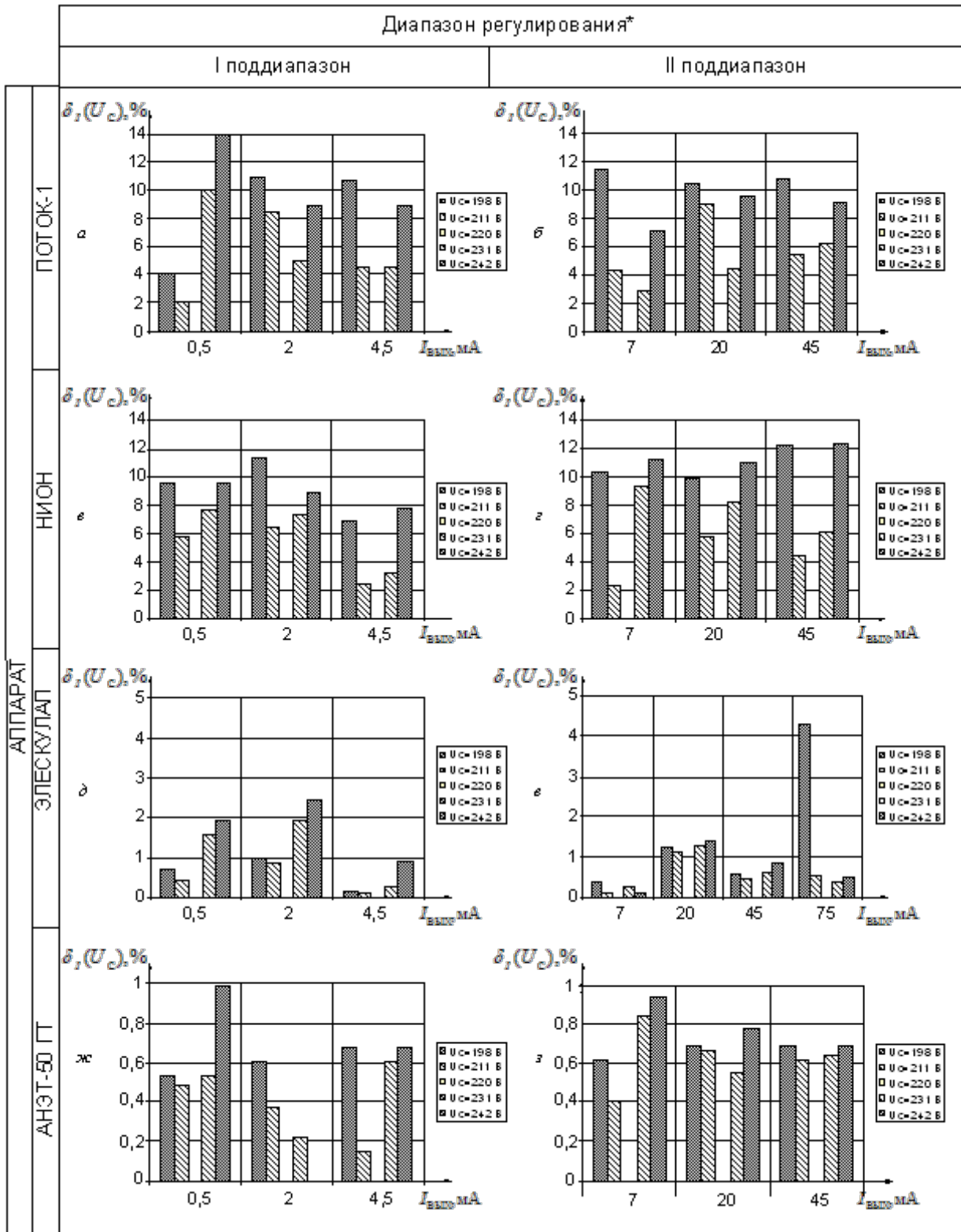
Расчеты отклонений с использованием выражения (7) приведены на рис. 7 в виде столбчатых диаграмм.



*

Нагрузочные характеристики аппарата ЭЛЭСКУЛАП исследовались в 1-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 0,5; 2,0$ и $4,5$ мА, во 2-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 7$ мА, в 3-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 20$ мА, в 4-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 45$ мА и в 5-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 75$ мА.

Рис. 6. Влияние изменений напряжения питания аппаратов для гальванизации и лекарственного электрофореза на их выходной ток



Нагрузочные характеристики аппарата ЭЛЭСКУЛАП исследовались в 1-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 0,5; 2,0$ и $4,5$ мА, во 2-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 7$ мА, в 3-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 20$ мА, в 4-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 45$ мА и в 5-м поддиапазоне $I_{ВЫХ(500)} - 75$ мА.

Рис. 7. Оценка влияния изменений напряжения питания аппаратов для гальванизации и лекарственного электрофореза на их выходной ток

Из графиков, приведенных на рис. 6, а-г видно, что выходной ток аппаратов ПОТОК-1 и НИОН увеличивается при увеличении напряжения питания.

При этом отклонения выходного тока в среднем соответствуют отклонениям питающего напряжения.

В аппаратах ЭЛЭСКУЛАП и АНЭТ-50 ГТ изменения напряжения питания практически не оказывают влияния на их выходной ток (см. рис. 6, д-з). Отклонения выходного тока в среднем здесь не превышают 2 % в первом аппарате и 1 % – во втором (рис. 7, д-з, большие отклонения, имеющие место в отдельных случаях, обусловлены, по видимому, погрешностью измерений).

Таким образом, в аппаратах ПОТОК-1 и НИОН на выходной ток оказывают значительное влияние не только изменения сопротивления нагрузки, но и изменения напряжения питания.

Для объяснения результатов экспериментальных исследований аппаратов были проанализированы их схемотехнические решения.

Анализ схемотехнических решений показал, что в аппаратах ПОТОК-1 и НИОН стабилизация выходного тока не предусмотрена. Регулирование выходного тока в цепи пациента осуществляется при помощи потенциометра (ПОТОК-1) или транзистора, управляемого потенциометром (НИОН). Для регулирования выходного тока в 1-м поддиапазоне в выходную цепь этих аппаратов вводится добавочный резистор, что несколько улучшает нагрузочные характеристики.

В аппарате «ЭЛЭСКУЛАП» стабилизация выходного тока (судя по характеру его изменений) осуществляется по принципу двухпозиционного регулятора с дополнительным токоограничением.

В аппарате АНЭТ-50 ГТ стабильность выходного тока обеспечивается за счет стабилизации выпрямленного напряжения и автоматического регулирования тока с двумя контурами обратных связей, позволяющего осуществлять стабилизацию с необходимым быстродействием на всем интервале проведения процедуры.

Сопоставляя результаты экспериментальных исследований аппаратов для гальванизации и лекарственного электрофореза можно сделать следующие выводы:

- нестабильность выходного тока аппаратов ПОТОК-1 и НИОН обусловлена их схемотехническими решениями, в которых стабилизация тока не предусмотрена. К положительным качествам этих аппаратов могут быть отнесены лишь невысокая стоимость и простота, упрощающая их ремонт и эксплуатацию в медицинских учреждениях;

- в аппарате ЭЛЭСКУЛАП практически во всем диапазоне регулирования выходного тока обеспечивается его достаточно высокая стабильность. Исключение здесь составляют нагрузочные характеристики при больших значениях начально-установленных токов и значительных сопротивлениях нагрузки, что обусловлено наличием токоограничения и отсутствием необходимого запаса по регулированию;

- на стабильность выходного тока аппарата АНЭТ-50 ГТ изменения сопротивления нагрузки и напряжения питания влияния практически не оказывают. Дополнительными преимуществами этого аппарата являются возможность осуществлять воздействие импульсным током с постоянной и изменяющейся (сканирующие режимы) частотой, проводить процедуры одновременно с 3-мя и 4-мя

электродами без дополнительных устройств, самодиагностики аппарата по проверке его работоспособности и идентификации аварийных ситуаций;

- стабильность выходного тока электротерапевтического аппарата, а также автоматическое ограничение продолжительности процедуры являются необходимыми условиями для строгого дозирования воздействия при гальванизации и лекарственном электрофорезе.

Список литературы: 1. Клиническая физиотерапия / Оржешковский В.В., Волков Е.С., Демердюк И.А. и др.; под ред. В.В. Оржешковского. – К.: Здоровья, 1984. – 448с. 2. Боголюбов В.М., Пономаренко Г.Н. Общая физиотерапия: Учебник. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Медицина, 1999. – 432 с. 3. Аппарат для гальванизации и лекарственного электрофореза «ПОТОК-1». Паспорт ТВЗ.555.004 ПС. – Свердловск, 1988. – 20 с. 4. Аппарат для гальванизации и лекарственного электрофореза «НИОН». Паспорт 656447.001 ПС. – Николаев, 1993. – 15 с. 5. <http://www.medgro.com.ua>. Аппарат для гальванизации и лекарственного электрофореза «ЭЛЭСКУЛАП». 6. Аппарат для гальванизации и лекарственного электрофореза «АНЭТ-50 ГТ». Паспорт 941514.001 ПС – Харьков, 2008 – 17 с. 7. Гура Ю.Н., Кубышкина Н.И. Изменение сопротивления межэлектродного участка при проведении процедур лекарственного электрофореза // Применение лазеров в медицине и биологии. Материалы XXXI Международн. научн.-практ. конф. – Харьков, 2009. – С. 159-161. 8. Анализ влияния изменений напряжений питающей сети на выходной ток электротерапевтических аппаратов / Кипенский А.В., Король Е.И., Кубышкина Н.И. // Нові медичні технології в клінічній та курортній практиці. Матеріали науково-практичної конф. 20-22 травня 2004 р. – Київ, 2004. – С. 158-160.

Поступила в редколлегию 13.02.2010

УДК 744.083.74 + 621.74

А. Г. ЖУРИЛО, к.т.н., доц., НТУ «ХП»

Д. Ю. ЖУРИЛО, інженер, НТУ «ХП»

ПОБУДОВА ДЕЯКИХ МАШИНОБУДІВНИХ КРЕСЛЕНИКІВ ПРИ КРЕСЛЕННІ ЕЛЕМЕНТІВ ЛИВАРНОЇ ФОРМИ

В статті наведено дані щодо графічного нанесення елементів ливарної технології на існуючий кресленик машинобудівної деталі. Розглянуто приклади зображення стрижнів, елементів ливникової системи, припусків на механічну обробку, які зображують на креслениках різними кольорами. Проведено аналіз елементів кресленика, які зображуються різними кольорами.

The article provides data on the application of graphic elements on the existing casting technologies kreslenyuk machine parts. Examples of the image core elements luvnykovoyi system, machining allowances, which are depicted in different colors kreslenyakah. The analysis kreslenyuka elements that are displayed in different colors

В практиці креслярсько - конструкторської документації досить поширено виконання елементів ливарної форми на копії кресленика деталі. Їх часто використовують на попередніх стадіях проектування, коли треба визначати серійність виробів, спосіб отримання виливків, визначити припуски на механічну обробку, отвори, які виливають, тощо. В існуючій літературі по машинобудівному кресленню та технології ливарної форми практично не розглядається дане питання, а це приводить до того, що зображення елементів ливарної форми часто кресляться не за вимогами стандарту, а так, як вважає технолог. Крім того, ГОСТ 2.423-73