ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Բիոլոգիական գիտ. XVIII, № 6, 1965 Биологические науки

Ц. М. АВАКЯН, Н. С. АДЖЯН, Г. Т. КАЗАРЯН

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВНУТРИКЛЕТОЧНЫХ МИКРОЭЛЕКТРОДОВ

Известно, что успех эксперимента, где изучаются вопросы биоэлектрической активности клетки, главным образом зависит от методики изготовления микроэлектродов. Микроэлектрод должен иметь большую крутизну и малый диаметр кончика, что приводит к уменьшению омического сопротивления электрода [1, 2, 3]. Для получения большой крутизны микроэлектрода пользуются приемом нагревания определенной части стеклянного капилляра, далее посредством электромагнита или механическим путем создается рывок с большим ускорением и круто обрывается стеклянная трубка; таким образом, получаются электроды разных диаметров и крутизны. Авторы данной работы ставили перед собой задачу сконструировать универсальный автомат, который по своим техническим данным был бы лучше уже созданных и доступным для широких кругов исследователей, работающих в области изучения внутриклеточных биоэлектрических активностей животных и растений.

Устройство для предварительной заготовки капилляров. Прежде чем получить микроэлектроды, надо предварительно вытягивать капиллярные трубки разных диаметров, которые имели бы равномерный диаметр по длине и чтобы отношение внутреннего диаметра к внешнему равнялось $^1/_3$ [1, 2].

На верхнем конце штатива 1 (рис. 1), который укреплен на стене в двух местах и имеет направляющие втулки 26, закреплена стеклянная трубка 3. Она входит в нагревательный прибор 4, изготовленный из кварцевого стекла с намотанной нихромовой нитью 5 и покрыта асбестовой смесью 6. Внутри такой трубки можно получить температуру до 800°С. Нагревательный прибор закреплен на полукруге из асбеста 7, а полукруг в свою очередь закреплен на направляющей трубе микровинта 16. Внутри штатива находится микровинтовая ось 17, которая соединяется с редуктором 13. Вращение микровинта осуществляется посредством асинхронного двигателя 14, изменение скорости оборотов которого регулируется автотрансформатором типа ЛАТР-1. Нагревательный прибор с асбестовым полукругом при движении вверх можно остановить или откинуть вниз посредством прижимной полугайки со стопорами 19, 20. После того, как включенный нагревательный прибор через 20—25 мин. входит в нормальный режим и практически распределение тем-

пературы внутри прибора равномерно, освобождается стопорный винт 24 и штатив со стеклянной трубкой входит в кварцевый нагреватель. В нижней части трубки подвешиваются разные грузы 9 посредством зубчатого захвата 8. После того, как начинается размягчение стеклянной трубки, включается механизм движения нагревательного прибора, который, равномерно двигаясь вверх, нагревает стеклянную трубку. Когда нагреватель доходит до контактов 15, двигатель автоматически останавливается и с помощью стопорного винта освобождается прижимная гайка, и нагреватель откидывается вниз, штатив 1 со стеклянной трубкой опускается и весь процесс повторяется сначала. Если при вытягивании нарушается центрировка стеклянной трубки относительно нагревательного прибора, то процесс центрировки легко осуществляется посредством направляющих винтов 10, 11, 12, 23.

Устройство автомата для получения микроэлектродов. На рис. 2 приведен общий вид автомата. Принципиально такой автомат во многом сходен с установками горизонтального типа [2, 3, 4], однако на нашей установке введены некоторые элементы электрической схемы, которые позволяют избегать лишних узлов установки.

Работа автомата протекает следующим образом: стеклянный капилляр 13 длиной 60 мм пропускается через платиновую петлю 14, которая служит нагревателем и закрепляется в неподвижной цанге 12. Затем к другому концу капилляра подводится подвижная цанга 11 и закрепляется в ней. Обе цанги должны находиться на одной оси, чтобы не было перекосов капилляра. Платиновая петля центрируется относительно стеклянного капилляра посредством направляющих микровинтов 15.

Замыкая контакт $K\text{-}5_6$ (рис. 3), включаем одновременно платиновую петлю и электромагнит для первичной тяги 8. Напряжение на платиновой петле контролируется прибором на пульте управления.

Посредством делителя напряжения R_1—R_{10} (рис. 3) находим оптимальную силу первичной тяги. Через 1—2 мм движения штока 9 контакт 3 включает основной электромагнит и сильным рывком отрывает капилляр. Таким образом, из одного капилляра получаются два рабочих электрода. Крутизну электрода можно изменять посредством микровинта 2, контакта 3 и изменением напряжения на платиновой петле 14. Хорошими электродами считаются те, которые имеют диаметр кончика 1—0,5 микрон.

Электрический привод автомата. На рис. 3 показана принципиальная схема электрических цепей автомата. Такая схема позволяет одновременно управлять работой как установки для получения капилляров, так и прибора для вытягивания микроэлектродов.

Для получения капилляров включается контакт К-4. При этом должна загораться сигнальная лампочка Л-2. Затем тумблером Т-1 включается цепь кварцевого нагревателя Н-1, напряжение которого регулируется через автотрансформатор ЛАТР-1. Питание асинхронного

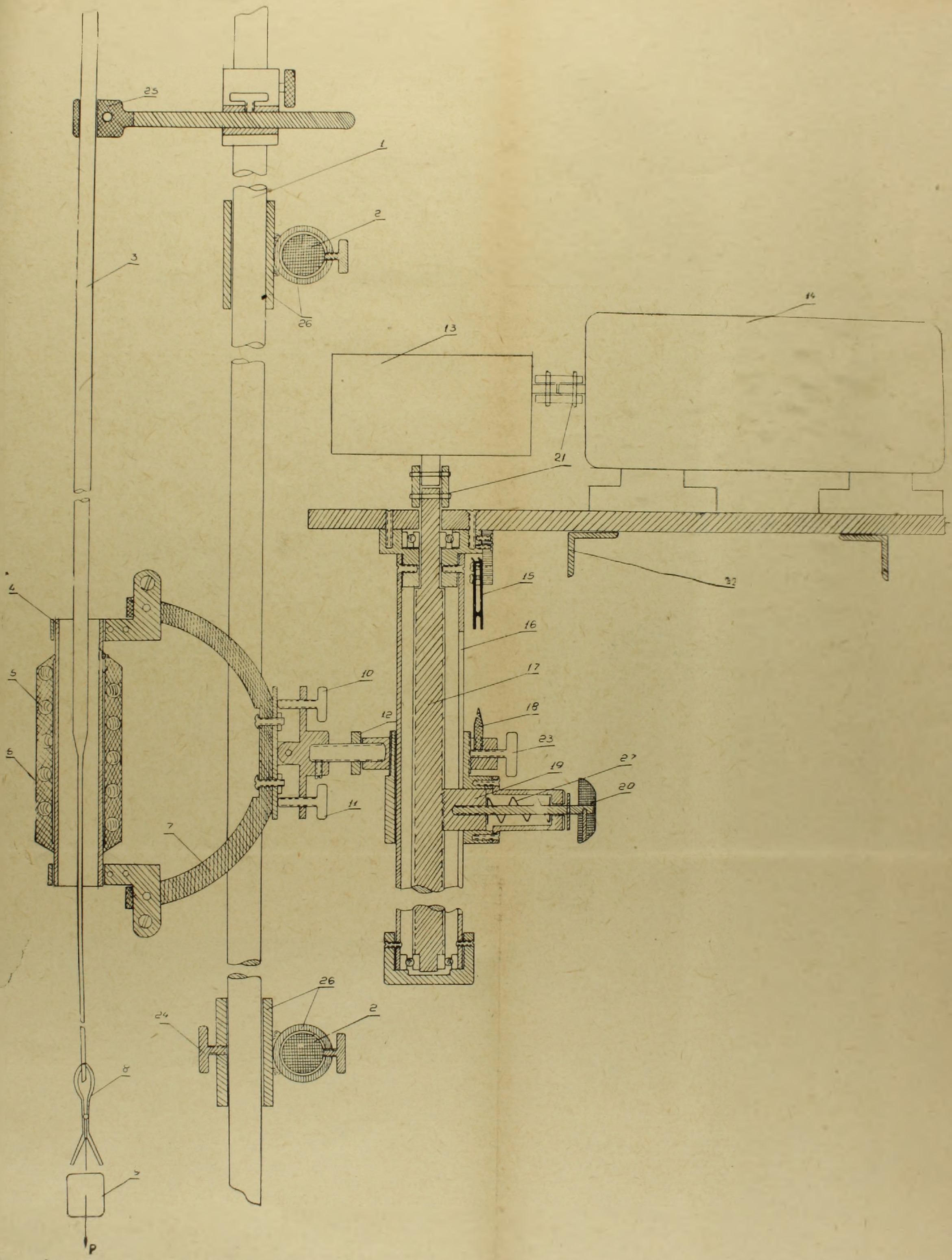

Рис. 1. Общий вид установки для получения капилляров: 1. штатив, 2. опорные металлические стержни, 3. стеклянная трубка, 4. кварцевая трубка, 5. нихромовая спираль, 6. асбестовая смесь, 7. асбоцементный полукруг, 8. захват для грузов, 9. груз, 10, 11, 12 и 23-центрирующие микровинты, 13. редуктор, 14. электродвигатель, 15. ограничительный контакт, 16. направляющая трубка микровинта, 17. микровинт, 18. эбонитовый расцепитель, 19. полугайка, 20. стопор, 21. соединительные втулки, 22. кронштейн, 24. стопорный винт, 25. стеклодержатель, 26. направляющие втулки, 27. пружина.

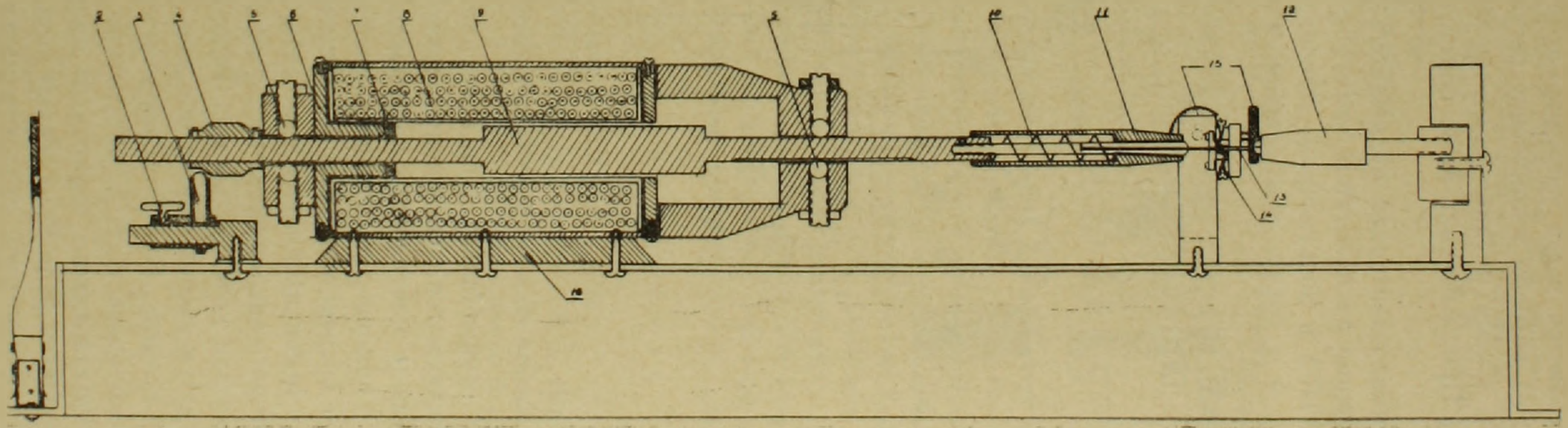

Рис. 2. Общий вид установки для получения микроэлектродов. 1. контакт платинового нагревателя, 2. микровинт, 3. контакт основной тяги, 4. втулка, 5. направляющие шарики, 6. сердечник электромагнита, 7. противоударная прокладка, 8. обмотка, 9. шток, 10. пружина, 11. подвижная цанга, 12. неподвижная цанга, 13. капилляр, 14. платиновая петля (нагревателя), 15. направляющие микровинты.

двигателя Д осуществляется через трансформатор Тр-1 и селеновый выпрямитель $Д_1$—$Д_4$, на котором напряжение регулируется автотрансформатором ЛАТР-1_2. Схема питания срабатывает после включения контактов $К_1$, $К_2$ и $К_3$. При включении $К_3$ загорается на пульте сигнальная лампочка Л-3.

Для получения микроэлектродов включаются контакты $К_1$, $К_2$ и К-5 . Нужное напряжение на накаленой нити Н-2 регулируется автотрансформатором ЛАТР-1 и вольтметром. Посредством понижающего

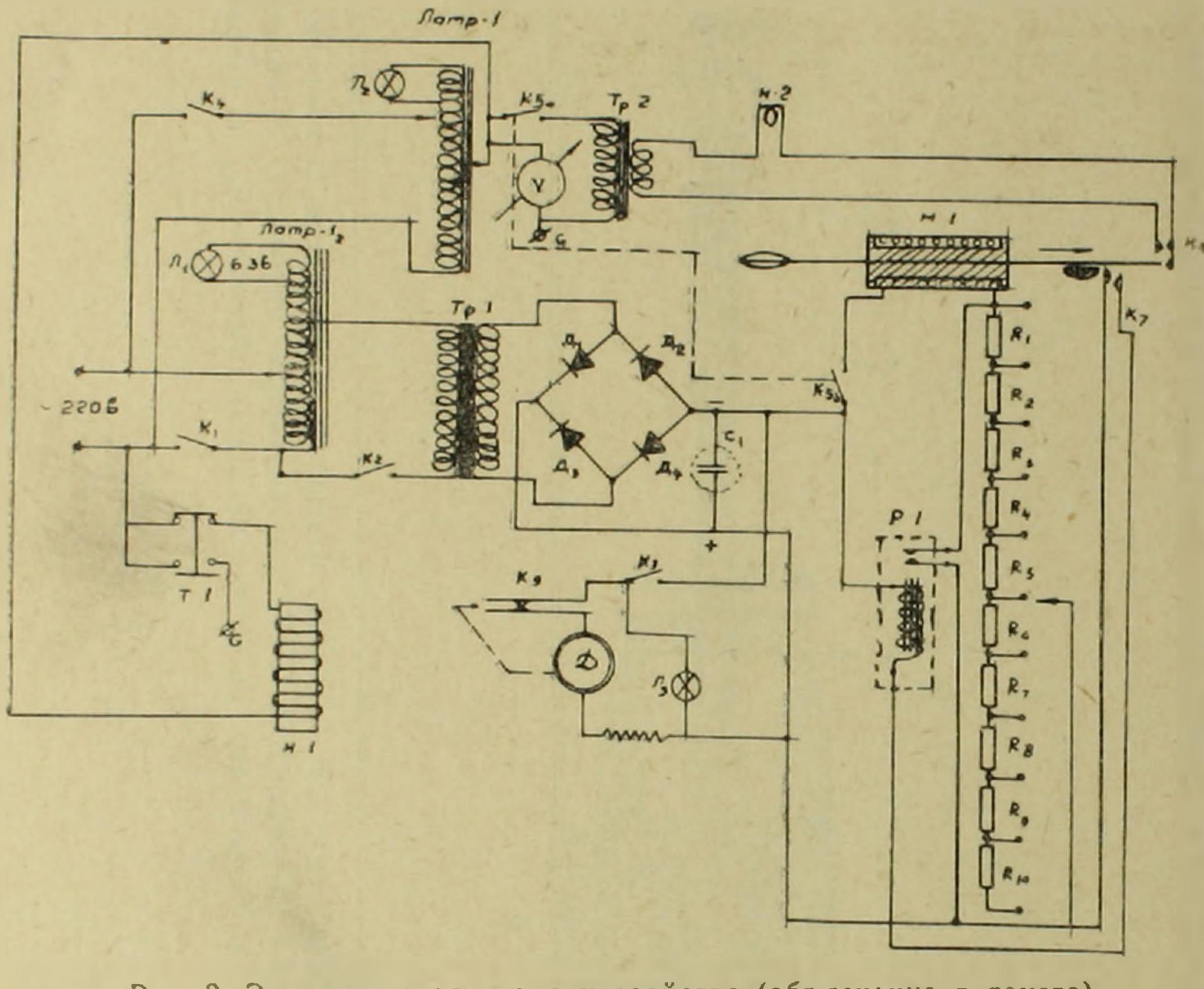

Рис. 3. Электрическая схема устройства (объяснение в тексте).

трансформатора Тр-2 осуществляется питание платинового нагревателя. Контактом К-5 включается цепь электрических магнитов М-1. Контакт К-8 выключает цепь платинового нагревателя. Предварительная тяга осуществляется с помощью делителя напряжения R_1—R_{10}. При замыкании контакта К-7 посредством реле Р-1 включается цепь основной тяги магнита. После отрыва капилляра горизонтальный шток электромагнита, на конце которого закреплена цанга с микроэлектродом, с разным ускорением двигателя назад и, касаясь неподвижного сердечника электромагнита, двигается вперед. Таким образом, происходит качание штока внутри электромагнита. При этом вероятность отломки кончика микроэлектрода сильно возрастает. В литературе описаны некоторые конструкции [4, 5] механического тормоза. В нашей установке после отрыва стекла выключается реле $Р_1$ основной тяги, а схема предварительной тяги остается включенной и электромагнит при этом служит тормозом для штока. Итак, после отрыва капилляра шток, двигаясь на

зад, в какой-то момент остается неподвижным. Для смягчения удара между штоком и неподвижным сердечником применяется специальная противоударная прокладка из войлока и тефлона.

Лаборатория биофизики
НИИ земледелия г. Эчмиадзин

Поступило 27.XI 1964 г.

Ծ. Մ. ԱՎԱԳՅԱՆ, Ն. Ս. ՀԱՋՅԱՆ, Հ. Տ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ

ՈՒՆԻՎԵՐՍԱԼ ԱՎՏՈՄԱՏ ՍԱՐՔ՝ ՆԵՐԲՋՋԱՅԻՆ ՄԻԿՐՈԷԼԵԿՏՐՈԴՆԵՐ ՊԱՏՐԱՍՏԵԼՈՒ ՀԱՄԱՐ

Ամփոփում

Նկարագրված սարքը բաղկացած է ինքնուրույն և կայուն աշխատող երկու ավտոմատներից։ Նույնատիպ սարքերի համեմատությամբ դրանք ունեն կոնստրուկտիվ տեսանկյունից էական տարբերություն։

Առաջին ավտոմատի օգնությամբ հաստ պատեր ունեցող ապակյա խողովակներից ձգվում են հանձնարարված տրամագծի մազանոթներ։

Երկրորդ ավտոմատը ստացված մազանոթներից ձգում է մոտ 1 միկրոնին հավասար տրամագիծ ունեցող միկրոմազանոթներ։

Վերոհիշյալ ավտոմատը շահագործման մեջ շատ պարզ է և այն կարելի է պատրաստել բուսական ու կենդանական բջիջների բիոէլեկտրական պոտենցիալներ գրանցելու հարցերով զբաղվող յուրաքանչյուր լաբորատորիայում։

ЛИТЕРАТУРА

1. Курелла Г. А. Биофизика, т. 3, вып. 2, 1958.
2. Müller-Limmroth. Zslhr. fur Biologie, 108, 4, 1956.
3. Костюк И. Г. Микроэлектродная техника, Изд-во АН УССР. Киев, 1960.
4. Бызов А. Л., Чернышов В. И. Биофизика, т. 6, вып. 4, 1961.