

Изобретение относится к строительству и может быть использовано для измерения прочностных свойств грунта, а именно, сопротивления резанию, вращательному срезу, несущей способности и липкости грунта.

Известны устройства для определения строительных свойств грунта, в том числе сопротивления резанию, вращательному срезу, пенетрации и др. [1].

Их недостатками являются однонаправленность измерений, то есть каждое из устройств предназначено для определения только одного из перечисленных параметров, и связанная с этим невысокая производительность исследований грунта.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является выбранный в качестве прототипа стенд для физического моделирования процесса резания грунтов, состоящий из динамометрической тележки, тензометрических балочек, ходового винта, редуктора, электродвигателя, направляющих, рамы и грунтового контейнера с образцами грунта.

Недостатками этого технического решения являются: ограниченные функциональные возможности, связанные с определением только одного параметра - сопротивления резанию грунта одним измерительным узлом, и невозможностью исследования структурно слабых грунтов; неудобства в пользовании из-за установки поддона с образцами грунта под конструктивными элементами стенда - направляющими, ходовым винтом, тележкой;

невысокая производительность исследований, обусловленная невозможностью измерения свойств грунта одновременно несколькими измерительными узлами; а также громоздкость стенда, из-за чего он может применяться только в лабораторных условиях, что требует дополнительных затрат времени на доставку образцов грунта.

Задача изобретения - расширение функциональных возможностей стенда и повышение производительности исследований.

Указанная задача решается тем, что известный стенд для физического моделирования процесса резания, содержащий станину, на которой установлен поддон для образцов грунта, привод с горизонтальным червячным винтом, подвижный корпус с узлом измерения сопротивления резанию грунта и рабочим ножом, жестко закрепленные на станине направляющие швеллеры для передвижения корпуса на роликах, согласно настоящему изобретению снабжен двумя лотками, закрепленными на поддоне параллельно друг другу, опорной рамой и двумя стойками, прикрепленными к верхней части подвижного корпуса, дополнительно двумя электродвигателями и двумя редукторами, смонтированными соответственно на опорной раме и верхней части стоек, двумя вертикальными винтами, установленными на выходных валах редукторов, двумя суппортами, подвижно установленными на стойках, дополнительно двумя съемными узлами измерения сопротивления вращательному срезу, несущей способности и липкости грунта, закрепленными на суппортах. Привод горизонтального передвижения корпуса выполнен в виде мотор-редуктора, подвижный корпус выполнен П-образным, нижние части боковых сторон которого жестко соединены поперечной балкой с закрепленным в ее центре червячным колесом. Узел измерения сопротивления резанию грунта выполнен съемным, в виде горизонтальной тензометрической балочки постоянного сечения, жестко закрепленной своей центральной частью на держателе, и с двумя отверстиями для креплений рабочего ножа. При этом лотки выполнены в виде трубы, разрезанной пополам вдоль ее оси, стойки выполнены в виде отрезков швеллеров, установленных симметрично относительно продольной оси стенда, выходные валы редукторов расположены по центру лотков, каждый из суппортов охватывает стойку с двух сторон с возможностью перемещения по ней посредством гайки, входящей в зацепление с вертикальным винтом, в верхних частях боковых сторон подвижного корпуса установлены опорные и фиксирующие ролики, контактирующие соответственно с нижней и верхней полками направляющих швеллеров. Узел измерения сопротивления вращательному срезу включает мотор-редуктор, закрепленный на его выходном валу верхний фланец с двумя соосно расположенными подшипниками, вал, закрепленный одним концом в подшипниках, четырехлопастную крыльчатку, прикрепленную к свободному концу вала, нижний фланец с установленными на его диаметрально противоположных сторонах двумя пальцами и жестко прикрепленный к верхнему фланцу, две тензометрические балочки, консольно защемленные в средней части вала на его диаметрально противоположных сторонах с возможностью упора свободными концами в пальцы, тензорезисторы размещены в двух параллельных плоскостях каждой из балочек и перекрестно включены в плечи измерительного полумоста.

Узел измерения несущей способности и липкости грунта включает корпус, выполненный из двух соединенных между собой П-образных пластин, тензометрическую балочку, концы которой защемлены на противоположных сторонах корпуса, кронштейн, жестко закрепленный на верхней пластине корпуса, втулку с круглым отверстием, жестко закрепленную на нижней пластине корпуса, подвижно установленную внутри отверстия трубку, один конец которой прикреплен к центру тензометрической балочки, а к другому концу прикреплен съемный штамп, тензорезисторы размещены с обеих сторон от центра балочки в двух параллельных плоскостях и соответственно последним включены в плечи измерительного полумоста. Рабочий нож узла измерения сопротивления резанию грунта выполнен с хвостовиком, состоящим из двух пластин, соединенных между собой двумя пальцами, пропущенными в отверстия тензометрической балочки, тензорезисторы размещены на нейтральной линии боковых сторон в двух параллельных плоскостях балочки, причем рабочие тензорезисторы находятся на передней части между двумя отверстиями, а компенсационные - на задней части балочки и включены в одноименные плечи измерительного полумоста.

Таким образом, заявленный стенд для измерения прочностных свойств грунта соответствует критерию изобретения "новизна-Сравнение заявленного решения с прототипом и другими техническими решениями в данной области техники не позволило выявить в них признаки, отличающие заявленное решение от прототипа. Это позволило сделать вывод о соответствии его критерию "существенные отличия".

На фиг.1 показан общий вид стенда; на фиг.2 - то же, вид сверху; на фиг.3 - узел измерения сопротивления резанию, вид сбоку; на фиг.4 - то же, вид сверху; на фиг.5 - узел измерения сопротивления вращательному срезу; на фиг.6 - то же, разрез по А-А; на фиг.7 - узел измерения несущей способности и липкости грунта; на

фиг.8 - схема включения регистрирующей аппаратуры и тензорезисторов измерительных узлов.

Стенд для измерения прочностных свойств грунта содержит станину 1, на которой установлен поддон 2 для образцов грунта, привод 3 с горизонтальным червячным винтом 4, подвижный корпус 5, жестко закрепленные на станине направляющие швеллеры 6 для передвижения корпуса на роликах 7, два лотка 8 с торцовыми заглушками, закрепленные на поддоне параллельно друг другу, опорную раму 9 и две стойки 10, прикрепленные к верхней части подвижного корпуса, дополнительно два электродвигателя 11 и два редуктора 12, смонтированные соответственно на опорной раме и верхней части стоек, два вертикальных винта 13, установленные на выходных валах редукторов, два суппорта 14, подвижно установленные на стойках, и три съемные узла 15 (показаны условно) для измерения сопротивления резанию, сопротивления вращательному срезу, несущей способности и липкости грунта, закрепленные на суппортах.

Привод 3 горизонтального передвижения корпуса выполнен в виде мотор-редуктора, подвижный корпус 5 выполнен П-образным, нижние части боковых сторон которого жестко соединены поперечной балкой 16 с закрепленным в ее центре червячным колесом 17. Лотки выполнены в виде трубы, разрезанной пополам вдоль ее оси. Стойки 10 выполнены в виде отрезной швеллера, установленных симметрично относительно продольной оси стенда. Выходные валы редукторов 12 расположены по центру лотков 8. Каждый из суппортов 14 охватывает стойку 10 с двух сторон с возможностью перемещения по ней посредством гайки 18, входящей в зацепление с вертикальным винтом 13. В верхних частях боковых сторон подвижного корпуса 5 установлены опорные и фиксирующие ролики 7, контактирующие соответственно с нижней и верхней полками направляющих швеллеров 6.

Узел измерения сопротивления резанию грунта выполнен съемным, в виде горизонтальной тензометрической балочки 19 постоянного сечения, жестко закрепленной своей центральной частью на держателе 20, и с двумя отверстиями 21 для крепления рабочего ножа 22. Нож выполнен с хвостовиком 23, состоящим из двух пластин, соединенных между собой двумя пальцами 24, пропущенными в отверстия балочки 19. Тензорезисторы размещены на нейтральной линии боковых сторон в двух параллельных плоскостях балочки, причем рабочие тензорезисторы  $R_1R_2$  находятся на ее передней части между двумя отверстиями 21, а компенсационные  $R_3R_4$  - на задней части балочки, и включены в одноименные плечи измерительных полумостов.

Узел измерения сопротивления вращательному срезу грунта включает мотор-редуктор (не показан), закрепленный на его выходном валу верхний фланец 25 с двумя соосно расположенными подшипниками 26, вал 27, закрепленный одним концом в подшипниках, четырехлопастную крыльчатку 28, прикрепленную к свободному концу вала, нижний фланец 29 с установленными на его диаметрально противоположных сторонах двумя пальцами 30 и жестко прикреплен к верхнему фланцу, две тензометрические балочки 31, консольно защемленные в средней части вала на его диаметрально противоположных сторонах с возможностью упора свободными концами в пальцы 30. Тензорезисторы размещены в двух параллельных плоскостях каждой из балочек 31 и перекрестно включены в плечи измерительного полумоста.

Узел измерения несущей способности и липкости грунта включает корпус 32, выполненный из двух соединенных между собой П-образных пластин, тензометрическую балочку 33, концы которой защемлены на противоположных сторонах корпуса, кронштейн 34, жестко закрепленный на верхней пластине корпуса, втулку 35 с круглым отверстием, жестко закрепленную на нижней пластине корпуса, подвижно установленную внутри отверстия трубку 36, один конец которой прикреплен к центру тензометрической балочки, а к другому концу прикреплен съемный штамп 37. Тензорезисторы размещены с обеих сторон от центра балочки 33 в двух параллельных плоскостях и соответственно последним включены в плечи измерительного полумоста.

Управление электроприводами стенда осуществляется с выносного пульта управления (не показан). В качестве измерительно-регистрирующей аппаратуры применяются тензометрический усилитель 38, цифровой вольтметр 39 с цифровпечатывающим устройством 40 и светолучевой осциллограф 41 для визуального контроля процесса измерения прочностных свойств грунта.

Работает стенд следующим образом.

Образцы грунта, в том числе структурно слабые, укладывают в лотки 8 с торцовыми заглушками и прикрепляют измерительные узлы 15 к суппорту 14 стенда. Для определения сопротивления резанию грунта устанавливают рабочий нож 22 с заданными геометрическими размерами (шириной ножа, углом резания) на тензометрическую балочку 19 измерительного узла, фиг.3,4. Вместе с суппортом опускают его при помощи электродвигателя 11, редуктора 12 и винта 13 на необходимую глубину в грунт. Движение ножа относительно грунта осуществляют приводом 3, который перемещает подвижный корпус 5 вдоль стенда посредством горизонтального винта 4 и червячного колеса 9 по направляющим швеллерам 6. При этом регистрируют сопротивление резанию грунта ножом 22 аппаратурой, фиг.8.

В процессе резания балочка 19 подвергается изгибу в вертикальной плоскости под действием нормальной составляющей и одноосному сжатию под действием касательной составляющей сопротивления грунта, а также изгибу в горизонтальной плоскости за счет неравномерного распределения сил резания на лобовой грани ножа. Размещение тензорезисторов на нейтральной линии балочки 19 обеспечивает нечувствительность их к изгибу в вертикальной плоскости, так как увеличение электрического сопротивления тензорезисторов вследствие растяжения волокон выше нейтральной линии компенсируется уменьшением их электрического сопротивления за счет сжатия волокон ниже нейтральной линии. Включение рабочих тензорезисторов  $R_1R_2$  в одно плечо полумоста обеспечивает нечувствительность узла к изгибу в горизонтальной плоскости. Таким образом, измерительный узел реагирует только на уменьшение электрического сопротивления рабочих тензорезисторов от одноосного сжатия балочки 19 под действием касательной составляющей сопротивления резанию грунта.

Стенд позволяет использовать и другие конструкции узлов измерения сопротивления резанию грунта путем присоединения их к суппорту 14 подвижного корпуса 5.

Для измерения сопротивления вращательному срезу грунта на суппорте 14 крепят узел, фиг.5,6. Приводом 3 перемещают поддон 2, устанавливая измерительный узел в определенное место опробования

грунта. Затем, перемещая узел в вертикальном направлении, заглубляют крыльчатку 28 в грунт. Рабочее вращение крыльчатке передается от мотор-редуктора узла через тензометрические балочки 31, упирающиеся в пальцы 30 при повороте фланцев 25 и 29, которое может осуществляться как по часовой стрелке, так и противнее. Включив предварительно регистрирующую аппаратуру, измеряют сопротивление срезу  $\tau_{ср}$  и сдвигу  $\tau_{сд}$  грунта при вращении крыльчатки в соответствии с ГОСТ 21719-80 и по стандартной методике рассчитывают сцепление  $c$  и угол внутреннего трения  $\phi$  грунта.

Для измерения несущей способности и липкости грунта к суппорту 14 прикрепляют узел, фиг.7, со штампом 37. Аналогично предыдущим случаям перемещают измерительный узел в любую точку поддона 2 с грунтом и производят там необходимые измерения. При этом основное рабочее движение осуществляется приводом вертикального перемещения измерительного узла с постоянной скоростью.

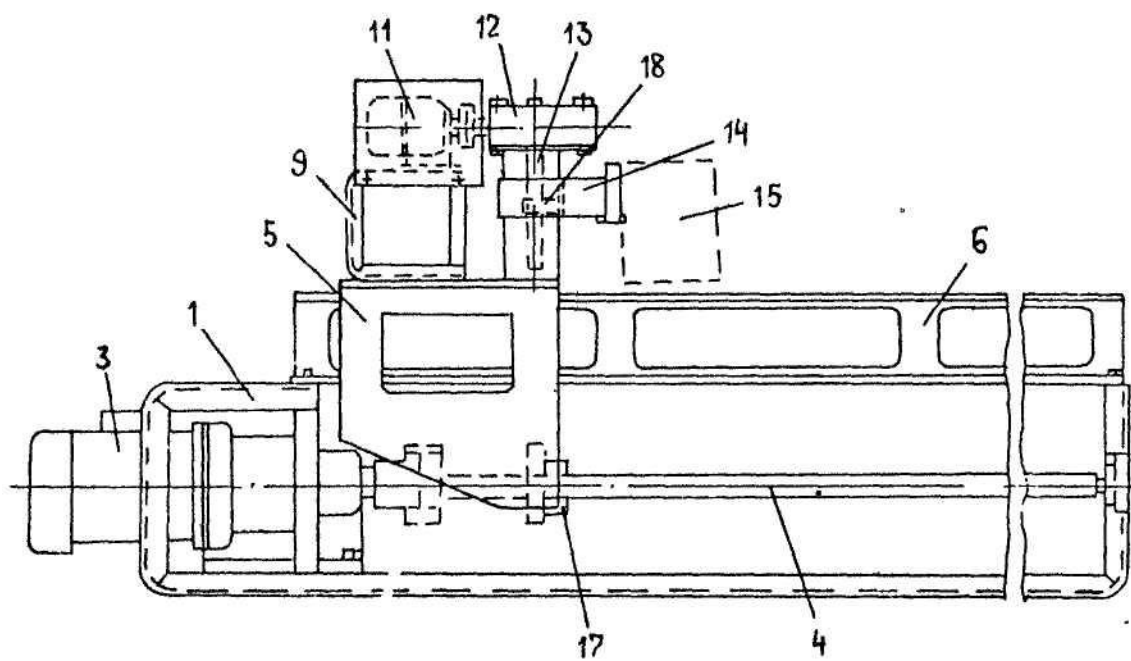
Сопротивление среды от штампа 37 через трубку 36 передается чувствительному элементу узла - тензобалочке 33. Несущую способность грунта определяют при движении плоского или сферического штампа вниз с постоянной скоростью, а липкость - в момент отрыва штампа от грунта при движении

вверх. Несущая способность грунта  $\sigma(t) = P_H(t)/S$ , Па, где  $P_H(t)$  - усилие, прикладываемое к штампу при постоянной скорости внедрения в грунт, Н;  $S$  - площадь опорной поверхности штампа,  $m^2$ . Липкость грунта  $L = P_0/S$  Па, где  $P_0$  - максимальное усилие отрыва штампа от грунта, Н.

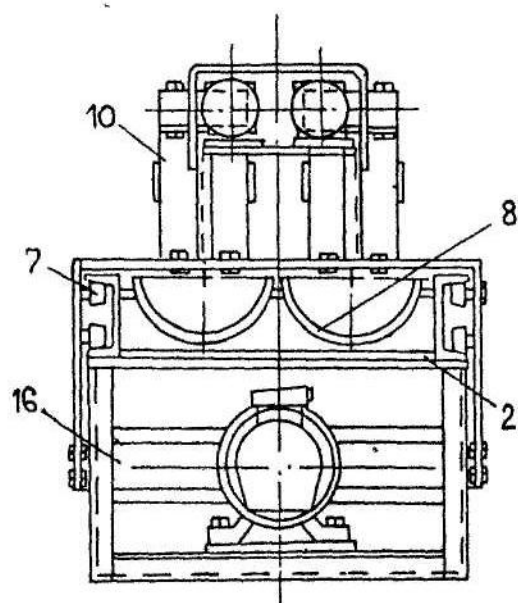
Конструкция стенда обеспечивает рабочим органам измерительных узлов две (для вращательного среза - три) степени свободы. При необходимости узел измерения сопротивления вращательному срезу и узел измерения несущей способности и липкости грунта, размещаясь на разных суппортах стенда, могут работать одновременно и независимо друг от друга на двух кернах грунта. Схема автоматизации стенда обеспечивает горизонтальное перемещение подвижного корпуса с измерительными узлами вдоль кернов грунта, вертикальное перемещение узлов, вращение крыльчатки, реверс всех четырех электродвигателей, отключение их конечными выключателями и блокировку несовместимых операций.

Расширение функциональных возможностей стенда достигается за счет применения дополнительно двух измерительных узлов - вращательного среза грунта и несущей способности и липкости грунта, их одновременной и независимой работы, а также возможности исследования слабых грунтов благодаря наличию лотков для грунта с торцовыми заглушками. Кроме того, повышается удобство в пользовании, так как горизонтальный винт передвижения корпуса стенда и направляющие швеллеры расположены снизу поддона с грунтом и доступ к нему открыт полностью.

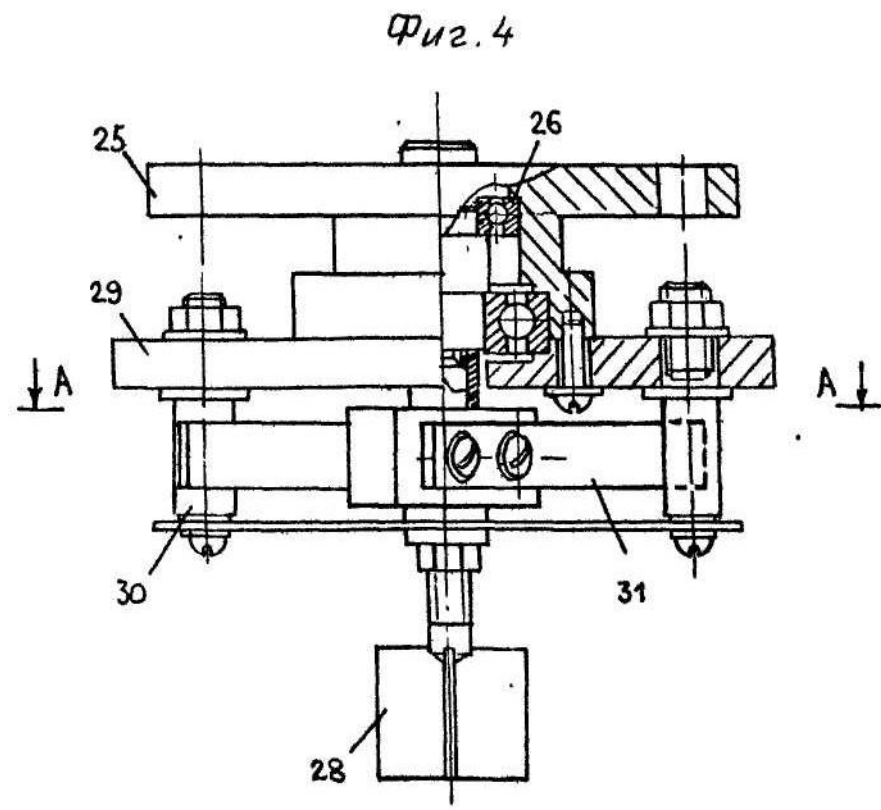
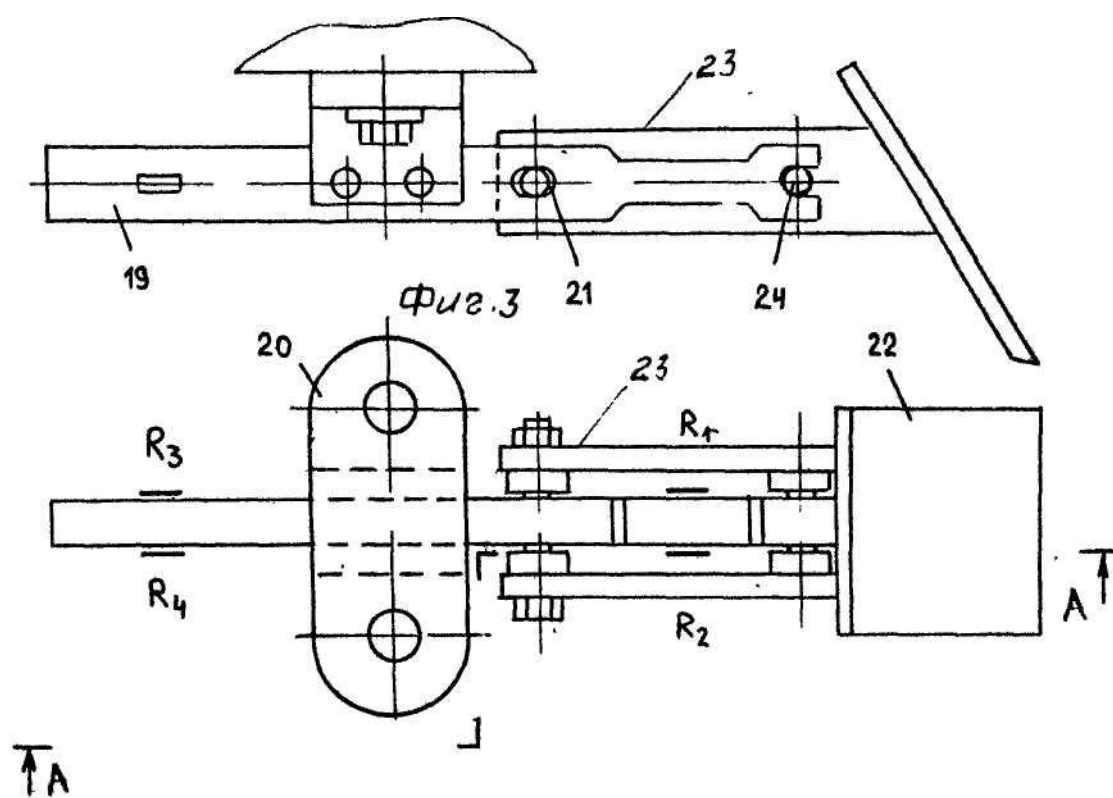
Повышение производительности исследований достигается за счет быстрой смены измерительных узлов на двух подвижных суппортах, автоматизации рабочих процессов передвижения, опускания, подъема, вращения измерительных узлов, их реверса и возможности измерений в прямом и обратном направлении движения рабочих органов. Кроме того, предложенный стенд гораздо легче прототипа, он переносной и может быть использован в полевых условиях. Это уменьшает потерю времени на доставку образцов грунта, а в случае испытаний слабых и водонасыщенных грунтов снижает степень нарушения структуры естественного сложения образцов.



Фиг. 1

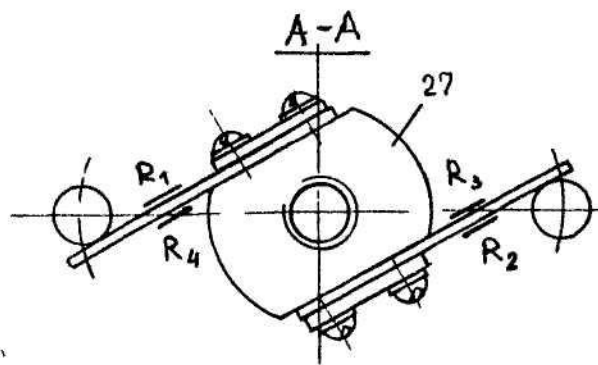


Фиг. 2

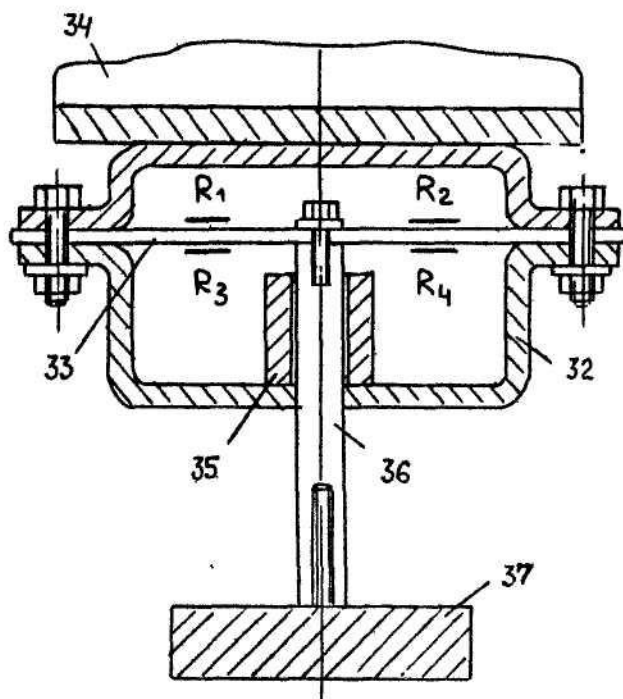


Фиг. 2.5

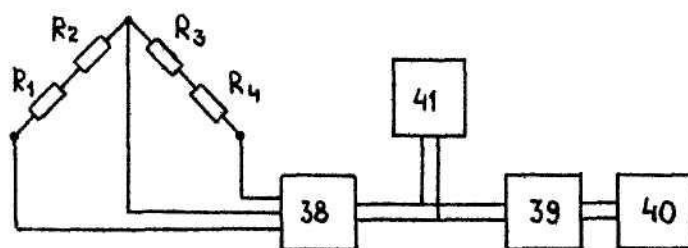
22362



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8