СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1116199 A

3(51) F 02 D 5/02

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ВСЕСОЮЗНАЯ ПАТЕНТНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3582780/25-06
(22) 22.04.83
(46) 30.09.84. Бюл. № 36
(72) А.Н.Борисенко
(71) Харьковский ордена Ленина политехнический институт им. В.И.Ленина
(53) 621.436.005.38(088.8)
(56) 1. Авторское свидетельство СССР № 775363, кл. F 02 D 5/02. 1979.

(54)(57) СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ ВПРЫСКА ТОПЛИВА В ДИЗЕЛЬ С НАДДУВОМ и топливоподающей системой, включающей топливовпрыскивающую форсунку и насос высокого давления, состоящий из плунжерного аккумулятора, топливоподкачивающего насоса и регулятора частоты вращения, содержащая акселерометр, дифференциатор, сервомотор, формирующий распределитель и блок управления, включающий источник опорного напряжения, сумматор и преобразователь напряжение-интервал времени, связанные последовательно, причем акселерометр связан с валом дизеля и подключен к первому входу сумматора через дифференциатор, а к второму входу - непосредственно, выход преобразователя напряжение-интервал времени связан с форсункой последовательно через сервомотор и формирующий распределитель, подключенный к регулятору частоты вращения и плунжерному аккумулятору, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью повышения надежности работы дизеля с наддувом на близких к номинальному и номинальном режимах, в систему дополнительно включены датчики максимального давления сгорания в цилиндре, пороговый элемент, схема И и первый и второй элементы сравнения причем выход датчика максимального давления подключен параллельно к суммирующему входу первого элемента сравнения и входу порогового элемента, выходы которого соединены соответственно с первым и вторым входами схемы И, выход которой связан с вычитающим входом второго элемента сравнения, а третий вход - с выходом преобразователя напряжение-интервал времени, связь которого с сервомотором выполнена через суммирующий вход второго элемента сравнения.

SU 1116199 A

Изобретение относится к двигателестроению, преимущественно к системам регулирования топливоподачи дизелей.

Известны системы регулирования угла опережения впрыска топлива в дизель с наддувом и топливоподающей системой, включающей топливовпрыскивающую форсунку и насос высокого давления, состоящий из плунжерного аккумулятора, топливоподкачивающего насоса и регулятора частоты вращения, содержащие акселерометр, дифференциатор, сервомотор, формирующий распределитель и блок управления, включающий источник опорного напряжения, сумматор и преобразователь напряжение-интервал времени, связанные последовательно, причем акселерометр связан с валом дизеля и подключен к первому входу сумматора через дифференциатор, а к второму входу - непосредственно, выход преобразователя напряжение-интервал времени связан с форсункой последовательно через сервомотор и формирующий распределитель, подключенный к регулятору частоты вращения и плунжерному аккумулятору. Известная система обеспечивает поиск и поддержание близких к оптимальным по мощности двигателя углов опережения впрыска топлива и обладает высокими точностью и быстродействием [1].

Однако если двигателем внутреннего сгорания является дизель с наддувом, то оптимизация угла опережения, с целью получения максимальной мощности, допустима не на всех режимах работы агрегата. На близких к номинальному и номинальном режимах такое регулирование приводит к повышению максимального давления сгорания сверх допустимого уровня, что непозволительно из соображений тепломеханической напряженности деталей цилиндропоршневой группы и снижает надежность его работы.

Цель изобретения - повышение надежности работы дизеля с наддувом на близких к номинальному и номинальном режимах.

Указанная цель достигается тем, что система регулирования угла опережения впрыска топлива в дизель с наддувом и топливоподающей системой, включающей топливовпрыскивающую форсунку и насос высокого давления, состоящий из плунжерного аккумулятора, топливоподкачивающего насоса и регулятора частоты вращения, содержащая акселерометр, дифференциатор, сервомотор, формирующий распределитель и блок управления, включающий источник опорного напряжения, сумматор и преобразователь напряжение-интервал времени, связанные последовательно, причем акселерометр связан с валом дизеля и подключен к первому входу сумматора через дифференциатор, а к второму входу - непосредственно, выход преобразователя напряжение-интервал времени связан с форсункой последовательно через сервомотор и формирующий распределитель, подключенный к регулятору частоты вращения и плунжерному аккумулятору, в систему дополнительно включены датчик максимального давления сгорания в цилиндре, пороговый элемент, схема И и первый и второй элементы сравнения, причем выход датчика максимального давления подключен параллельно к суммирующему входу первого элемента сравнения и входу порогового элемента, выходы которых соединены соответственно с первым и вторым входами схемы И, выход которой связан с вычитающим входом второго элемента сравнения, а третий вход - с выходом преобразователя напряжение-интервал времени, связь которого с сервомотором выполнена через суммирующий вход второго элемента сравнения.

На фиг. 1 приведена блок-схема системы автоматического регулирования угла опережения впрыска топлива в дизель; на фиг. 2 - графики изменения угла опережения $Q_б$ от угловой частоты вращения вала ω, где кривой A показана исходная характеристика, а кривой B - оптимальная, получаемая данной системой.

Система содержит акселерометр 1, выход которого через дифференциатор 2 связан с первым входом блока 3 управления и непосредственно подключен к второму входу этого блока, причем указанные входы размещены в сумматоре 4, выход которого соединен с входом преобразователя 5 напряжение-интервал времени. Третий вход сумматора 4 подключен к источнику 6 опорного напряжения блока 3 управления и вычитающему входу пер-

вого элемента 7 сравнения, суммирующий вход которого соединен с датчиком 8 максимального давления сгорания в цилиндре и входом порогового элемента 9. Выходы первого элемента 7 сравнения и порогового элемента 9 подключены соответственно к первому и второму входам схемы И 10, а выход преобразователя 5 напряжение-интервал времени, являющийся выходом блока 3 управления, соединен с третьим входом схемы И 10 и суммирующим входом второго элемента 11 сравнения. Вычитающий вход последнего подключен к выходу схемы И 10, а выход через сервомотор 12 связан с первым входом формирующего распределителя 13, подключенного к топливовпрыскивающей форсунке 14. Входы формирующего распределителя 13 связаны также с топливным насосом 15 высокого давления, который включает в себя топливоподающий насос 16, вход которого соединен с входом акселерометра 1 и коленчатым валом 17 дизеля, регулятор 18 частоты вращения, связанный с насосом 16 и выходом подключенный к второму входу формирующего распределителя 13, и плунжерный аккумулятор 19, связанный с топливоподающим насосом 16 и третьим входом формирующего распределителя 13.

Акселерометр 1, последовательно соединенный с дифференциатором 2, блоком 3 управления, вторым элементом 11 сравнения, сервомотором 12, первым входом формирующего распределителя 13 и топливовпрыскивающей форсункой 14 образуют контур оптимизации угла опережения впрыска по мощности на тех режимах работы дизеля, где максимальное давление сгорания много ниже допустимого уровня. На остальных режимах, где максимальное давление сгорания близко к допустимой величине ($P_z = P_{z0}$), кроме вышеуказанных элементов, в контур оптимизации угла опережения с учетом P_z входят датчик 8, первый элемент 7 сравнения, пороговый элемент 9 и схема И 10.

Топливоподающий насос 16 обеспечивает дозирование и нагнетание топлива в плунжерный аккумулятор 19. Плунжерный аккумулятор 19 аккумулирует цикловую подачу топлива и при открывании отверстия формирующего распределителя 13 выталкивает ее через форсунку 14 в цилиндр дизеля.

Регулятор 18 частоты вращения автоматически стабилизирует заданную частоту вращения коленчатого вала 17 дизеля. Акселерометр 1 безынерционного типа измеряет величину и знак углового ускорения коленчатого вала.

Блок 3 управления - устройство, позволяющее с помощью сумматора 4 суммировать и усиливать входящие в него сигналы, а с помощью преобразователя 5 - преобразовывать сигнал в импульс постоянной амплитуды, длительность которого пропорциональна величине входного сигнала.

Источник 6 опорного напряжения вырабатывает постоянный по знаку сигнал, величина которого также постоянна и пропорциональна значению давления P_{z_0}, несколько меньшего допустимого уровня $P_{z_{доп}}$.

Сервомотор 12 интегрирует и усиливает выходной сигнал второго элемента 11 сравнения. Формирующий распределитель 13 - устройство, позволяющее совместно с плунжерным аккумулятором 19 формировать закон цикловой подачи и угол опережения впрыска топлива, а также направлять топливо к форсунке 14 (гидромеханического типа с пружинным запиранием иглы распылителя).

Система работает следующим образом.

Когда дизель работает на неноминальных режимах, при которых $P_z < P_{z_0}$, топливо из бака подводится к топливоподающему насосу 16. Насос 16 отмеряет цикловую подачу топлива, величина которой устанавливается регулятором 18 частоты вращения в соответствии с режимом работы дизеля и нагнетает ее в плунжерный аккумулятор 19 под высоким давлением. Далее цикловая подача топлива подводится к формирующему распределителю 13, который в соответствии с выходным сигналом регулятора 18 формирует закон впрыска, устанавливает угол опережения и направляет топливо к форсунке 14.

Акселерометр 1 подает сигнал углового ускорения одновременно на вход сумматора 4 и на вход дифференциатора 2, с выхода которого напряжение поступает на первый вход суммато-

ра 4. На третий вход последнего и на вычитающий вход первого элемента 7 сравнения подается сигнал U_6 от источника 6 опорного напряжения, величина которого пропорциональна давлению сгорания, несколько меньшему допустимого уровня

$$U_6 = K_6 P_{z_0},$$

где K_6 – коэффициент пропорциональности.

Выходной сигнал сумматора 4 (U_4) подается на вход преобразователя 5, который формирует прямоугольный импульс постоянной амплитуды U_5 длительностью τ, пропорциональной величине выходного напряжения сумматора

$$\tau = K_5 \cdot U_4,$$

где K_5 – коэффициент пропорциональности.

Указанный импульс подается на третий вход схемы И 10 и суммирующий вход второго элемента 11 сравнения. Поскольку пороговый элемент 9 срабатывает при максимальном давлении сгорания, равном P_{z_0}, то в рассматриваемом диапазоне режимов работы дизеля на выходе этого элемента действует нулевой сигнал, вследствие чего схема И 10 закрыта и на ее выходе присутствует также нулевой сигнал. Благодаря этому выходной импульс преобразователя 5 проходит на вход сервомотора 12 без всяких изменений, где он интегрируется, усиливается и подается на вход формирующего распределителя 13.

Предположим, что эти импульсы положительные. Сервомотор 12 интегрирует положительные импульсы и воздействует на формирующий распределитель 13, который обеспечивает увеличение угла опережения впрыска. Если такое изменение угла приближает его к оптимальному по мощности значению, то при каждом цикле изменения этого угла мощность дизеля получает положительные приращения, вследствие чего ускорение вала 17 также положительно. Благодаря этому на первый и второй входы сумматора 4 подаются положительные сигналы. По мере приближения к оптимальному углу опережения впрыска приращения этого угла вызывают все меньшие положительные приращения мощности дизеля и все меньшие ускорения вала, в результате чего амплитуда положительных сигналов на первом и втором входах сумматора 4 уменьшается, вызывая уменьшение длительности выходных импульсов преобразователя 5. Последнее, в свою очередь, приводит к уменьшению угла опережения впрыска, приближая его к оптимальному значению. Как только угол опережения превысит оптимальную величину, мощность дизеля уменьшается, вращение вала замедляется, на выходах акселерометра 1 и дифференциатора 2 возникают отрицательные сигналы, вызывающие появление на выходе преобразователя 5 отрицательных прямоугольных импульсов. Последние поступают на сервомотор 12, который интегрирует эти отрицательные импульсы. Выходное воздействие сервомотора 12 подается на формирующий распределитель 13, который обеспечивает уменьшение угла опережения впрыска, который станет меньше оптимального, мощность дизеля станет меньше максимальной, что приведет к замедлению вала 17. При этом на входах сумматора действуют сигналы с выходов акселерометра 1 и дифференциатора 2, в соответствии с которыми преобразователь 5 вырабатывает прямоугольные импульсы, поступающие через второй элемент 11 сравнения на сервомотор 12. Последний усиливает и интегрирует эти импульсы. Под воздействием выходного сигнала сервомотора 12 формирующий распределитель 13 обеспечивает увеличение угла опережения впрыска. По мере роста последнего мощность дизеля растет и работа системы продолжается аналогично вышеизложенному. Таким образом, за несколько циклов колебаний система устанавливает оптимальный угол опережения впрыска топлива, оценивая свои действия на дизель по изменению его мощности на основании контроля углового ускорения (замедления) вала 17. При достижении оптимального значения фазы начала топливоподачи устанавливаются симметричные колебания угла опережения впрыска относительно оптимума.

При изменении скоростного или нагрузочного режимов работы дизеля регулятор 18 обеспечивает основную установку угла опережения впрыска

топлива. Для нахождения оптимального значения угла опережения впрыска топлива (для каждой основной установки) блок 3 управления посылает поисковые сигналы через элемент 11 сравнения и сервомотор 12 на формирующий распределитель 13.

Таким образом, в режимах, при которых $P_z < P_{z_0}$, работа предлагаемой системы не отличается от работы прототипа.

Рассмотрим теперь работу системы, когда дизель работает на номинальном и близких к нему режимах, при которых $P_{z_0} \leq P_z \leq P_{z\,gon}$.

Поскольку пороговый элемент 9 срабатывает при $P_z = P_{z_0}$, в рассматриваемом диапазоне режимов работы дизеля схема И 10 открыта и на вычитающий вход второго элемента 11 поступает сигнал с выхода первого элемента 7 сравнения. На суммирующий вход последнего поступает сигнал, пропорциональный максимальному давлению сгорания в цилиндре, а на вычитающий вход - сигнал с источника 6 опорного напряжения, пропорциональный величине максимального давления сгорания P_{z_0}. Следовательно, на вычитающий вход элемента 11 сравнения проходит сигнал, пропорциональный разности давлений $P_z - P_{z_0}$, причем этот сигнал представляет собой последовательность прямоугольных импульсов, длительность и фаза которых совпадают с длительностью и фазой соответственно выходных импульсов преобразователя 5. В связи с этим на выходе второго элемента 11 сравнения появляются прямоугольные импульсы длительностью

$$\tau = K_5 U_4$$

и амплитудой

$$U_{11} = U_5 - K_6 (P_z - P_{z_0}).$$

Таким образом, входной сигнал сервомотора 12 зависит не только от приращений мощности дизеля, как в ранее рассмотренном случае, но и от разности фактического и заданного давлений сгорания. При возрастании угла опережения впрыска величина P_z растет, вследствие чего амплитуда сигнала на входе сервомотора 12 уменьшается и указанное возрастание ослабевает. Если для достижения оптимума по мощности угол опережения впрыска увеличивается благодаря работе контура оптимизации (акселерометр 1, дифференциатор 2, блок 3 управления, второй элемент 11 сравнения, сервомотор 12, первый вход формирующего распределителя 13 и топливовпрыскивающая форсунка 14), максимальное давление сгорания увеличивается и далее, а амплитуда входного воздействия на сервомотор 12 уменьшается. Как только максимальное давление сгорания сравняется с допустимым уровнем ($P_z = P_{z\,gon}$), амплитуда сигнала на выходе первого элемента 7 сравнения достигнет амплитуды выходных импульсов преобразователя 5, вследствие чего на суммирующем и вычитающем входах второго элемента 11 сравнения окажутся сигналы с одинаковыми параметрами. Благодаря этому на вход сервомотора 12 сигналы не поступают и угол опережения впрыска остается неизменным несмотря на то, что с выхода преобразователя 5 поступают поисковые сигналы.

При изменении режима работы дизеля, приводящем к уменьшению P_z в упомянутом выше диапазоне, амплитуда выходных импульсов схемы И 10 уменьшается, сигнал на входе сервомотора 12 имеет уже ненулевое значение (как это было при $P_z = P_{z\,gon}$) и система отыскивает оптимальный угол опережения благодаря работе контура оптимизации в соответствии с вышеизложенным. В случае, если оптимальное по мощности значение угла опережения имеет место при $P_z < P_{z\,gon}$, то по мере приближения фактического угла опережения к оптимуму уменьшаются и длительность, и амплитуда импульсов на входе сервомотора 12, причем амплитуда отлична от нуля, а длительность принимает нулевое значение при совпадении фактического угла опережения с оптимальным.

Таким образом, по сравнению с известными предлагаемая система обеспечивает ограничение максимального давления сгорания на требуемом уровне и повышение надежности работы дизеля с наддувом на номинальном и близком к нему режимах благодаря регулированию угла опережения впрыска в зависимости не только от мощности дизеля, но и разности фактического и заданного давлений сгорания и его цилиндре.

В качестве базового объекта выбрана гидромеханическая система подачи топлива, которой оснащен тепловозный дизель типа Д 70. На фиг.2 кривой А представлена зависимость угла опережения впрыска топлива от угловой скорости вала, обеспечиваемая системой топливоподачи указанного дизеля. Исследования показывают, что эта зависимость существенно отличается от оптимальной по топливной экономичности зависимости. Для получения близкой к оптимальной (квазиоптимальной) по топливной экономичности зависимости угла опережения от скорости используют приведенную в табл. 1 зависимость удельного эффективного расхода топлива G и приведенную в табл. 2 зависимость максимального давления сгорания P_z в функции угла опережения впрыска на различных режимах тепловозной характеристики. После численного дифференцирования функции $G(Q)$ определяют значения углов опережения, при которых удельный расход топлива минимален с ограничителем P_z. На основании этого получают квазиоптимальную по топливной экономичности зависимость угла опережения от скорости, представленную кривой β (abcde) на фиг. 2. Сравнение этой зависимости с серийной (график А на фиг.2.) с учетом данных табл.1 показывает, что за счет регулирования угла опережения на частичных режимах можно повысить топливную экономичность дизеля на 2-2,5%. Предлагаемое же устройство как раз и обеспечивает на каждом режиме дизеля оптимальные углы опережения впрыска, т.е. по сравнению с базовым объектом заметно повышает топливную экономичность.

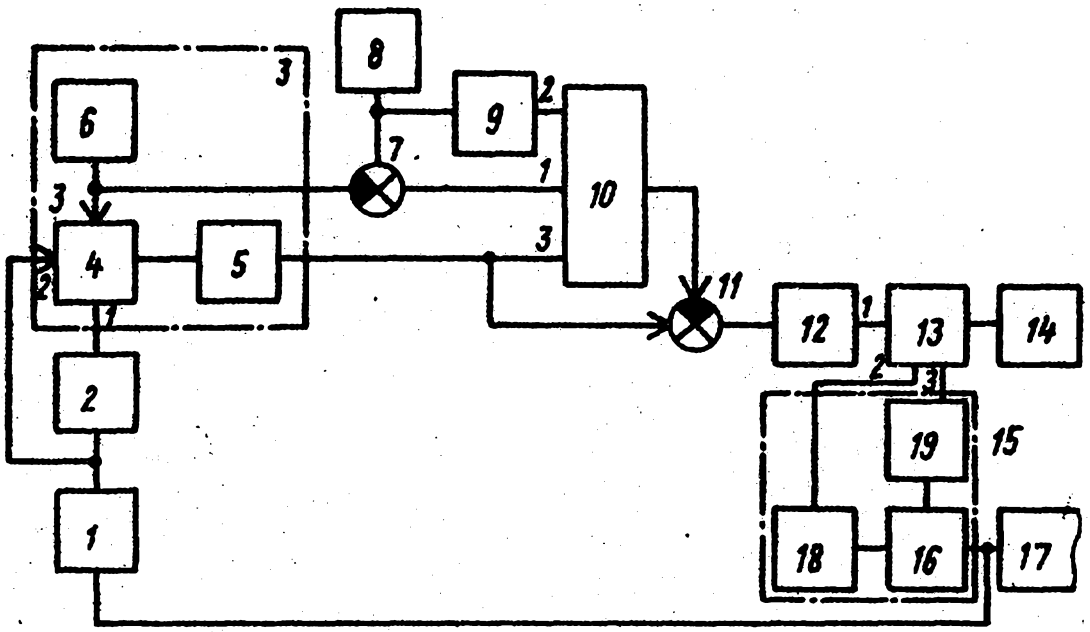
Следует отметить, что местоположение кривой А определяется угловым положением кулачка топливного насоса и выбирается таким, чтобы максимальное давление сгорания на номинальном режиме работы не превышало допустимой величины. В то же время на режимах, близких к номинальному, P_z может превышать допустимый уровень. В отличие от этого устройство обеспечивает условие $P_z \leq P_{z\,доп}$ на любом режиме дизеля.

Таблица 1

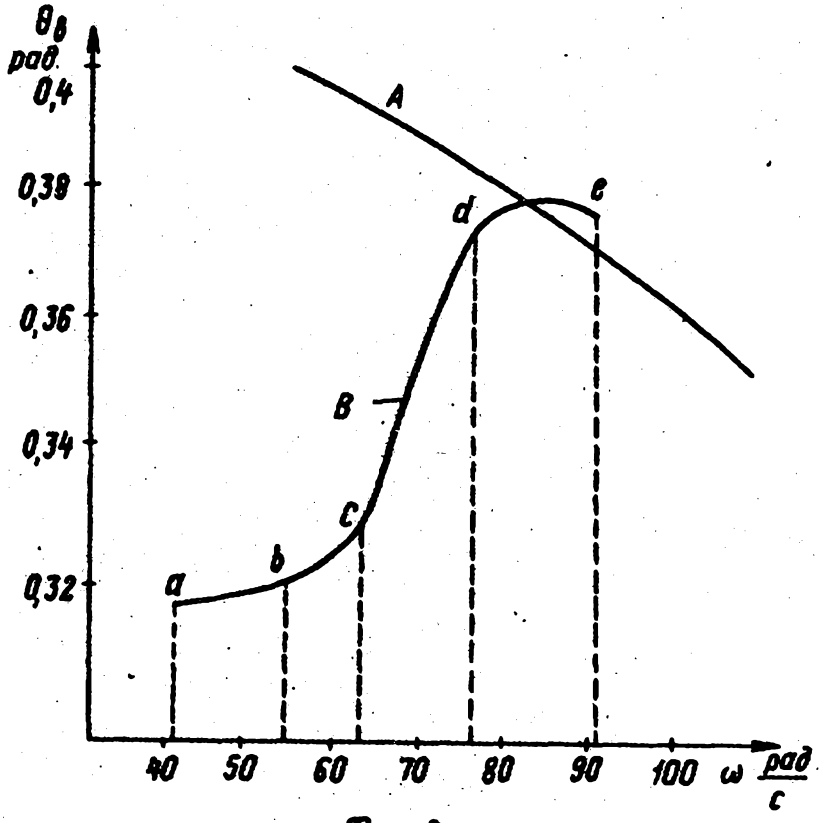
Действительный угол опережения впрыска Q, рад	Среднее арифметическое удельного эффективного расхода топлива G г/кВтч при угловых скоростях (рад)					
	41,866	55,473	64,37	77,453	91,06	104,66
0,309	-	233	-	217	-	-
0,318	-	232,4	221	215,8	-	-
0,327	259	232	220,5	215	-	-
0,336	259,1	232,1	220,2	214,3	213	-
0,345	259,3	232,3	220	213,7	210,8	-
0,354	259,6	232,6	220,1	213,2	209	206
0,363	260	233	220,3	212,8	208	205
0,372	260,5	233,5	220,6	212,5	207,2	204,5
0,381	261,3	234,1	221	212,7	206,5	204,1
0,39	262,2	234,8	221,5	213	205,5	-
0,399	263,3	235,6	222,1	213,4	205	-
0,408	264,5	236,5	222,8	213,9	-	-
0,417	266	237,5	223,6	214,5	-	-
0,426	-	-	224,5	-	-	-

Таблица 2

Действительный угол опережения впрыска Q рад	Среднее арифметическое максимального давления сгорания P_z, 10^5 Н/м^2 при угловых скоростях вала ω, рад/с							
	41,366	55,473	64,37	77,453	91,06	95,25	100	104,66
0,309	-	-	-	90	-	-	-	-
0,318	-	-	78	92	-	-	-	-
0,327	55	73	80	94	-	-	-	113
0,336	56	74	81	95	106	108	111	114
0,345	57	75	82,5	97	109	110	113	116
0,354	58	76	84	98	111	112	115	118
0,363	59	77,5	85	100	112	112	116	120
0,372	59,5	79	86	102	114	116	118	-
0,381	60	80	88	104	115	117	119	-
0,39	60,5	80,3	89	105	116	118	120	-
0,399	61	80,5	90	106	117	119	-	-
0,408	61,5	80,7	91	107	118	120	-	-
0,417	62	81	91,5	108	-	-	-	-
0,426	-	-	92	-	-	-	-	-



Фиг. 1



Фиг. 2

ВНИИПИ Заказ 6898/27 Тираж 523 Подписное

Филиал ППП "Патент", г.Ужгород, ул.Проектная, 4