



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

ДЛЯ СЛУЖЕБНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКЗ. № 10669

(19) **SU** (11) **1626896** **A1**

(51) G 01 T 1/29

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4698958/25

(22) 01.06.89

(71) Киевский институт автоматики
им. XXV съезда КПСС

(72) В.К.Базанов, Г.А.Линкин,
С.В.Мартыненко, Ю.Н.Мылдин
и Л.В.Попова

(53) 621.387.462(088.6)

(56) Авторское свидетельство СССР
№ 1475365, кл. G 01 T 1/29, 1986.

(54) СПОСОБ ЛОКАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ
ОБЪЕКТОВ НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ МЕСТНОСТИ
И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Изобретение относится к атомной энергетике и может быть использовано при поиске и погрузке радиоактивных объектов с помощью дистанционно-управляемых манипуляторов на загрязненной местности. Цель изобретения - расширение функциональных возможностей путем определения интенсивности излучения зараженной местности и радиоактивного объекта. Способ локации радиоактивных объектов заключается в трехкратном измерении интенсивности излучения выделенного участка загрязненной поверхности с радиоактивным объектом с линейно независимыми друг относительно друга локальными

2

и заранее выравненными интегральными пространственными чувствительностями вдоль определяемой координаты и по сигналу, пропорциональному отношению разности к сумме приращений сигналов измерения относительно одного из них, определяют координату радиоактивного объекта. Способ позволяет также определить интенсивность радиоактивного объекта, а также окружающей территории. Эта объективная информация, в наглядной форме сравниваемая между собой, позволяет определить очередность погрузки обнаруженных радиоактивных объектов. В устройство дополнительно введены три линии задержки сигналов, два операционных усилителя с заранее заданными коэффициентами усиления, блок умножения, 2-я схема деления и 4-я схема вычитания, соединенные таким образом, чтобы с помощью функциональных преобразований исходных сигналов измерения интегральной интенсивности γ -излучения получить раздельно дополнительную информацию об интенсивности γ -излучения обнаруженного радиоактивного объекта и коллимированного участка загрязненной местности.
2 с.л. ф-лы, 1 ил.

Изобретение относится к атомной энергетике и может быть использовано при поиске и погрузке радиоактивных объектов с помощью дистанционно-управляемых манипуляторов на загрязненной местности.

5-91

Целью изобретения является расширение функциональных возможностей путем определения интенсивности излучения загрязненной местности и радиоактивного объекта.

(19) **SU** (11) **1626896** **A1**

На чертеже представлена структурная схема устройства, реализующего способ локации радиоактивных объектов.

Схема содержит радиоактивный объект 1, второй 2, первый 3 и третий 4 детекторы с коллиматорами, расположенные на высоте H и одновременно в поле зрения которых находится лоцируемый участок местности площадью $S_{\text{лц}}$, удаленный от них на расстоянии x_0 . Выходы детекторов соединены соответственно с входами второго 5, первого 6 и третьего 7 интенсиметров. Причем выход второго интенсиметра 5 соединен с первыми входами первой 8 и третьей 9 схем вычитания. Выход первого интенсиметра 6 соединен с входами первой 8 и второй 10 схем вычитания и входом третьей линии 11 задержки. Выход третьего интенсиметра 7 подключен к входам второй 10 и третьей 9 схем вычитания. Третья линия 11 задержки своим выходом подключена к входу четвертой схемы 12 вычитания. Первая линия 13 задержки сигналов во времени своим входом соединена с выходом первой схемы 8 вычитания. Первая схема 14 деления одним входом подсоединена к выходу третьей схемы 9 вычитания, а вторым входом — к выходу сумматора 15. Первый операционный усилитель 16 и вторая линия 17 задержки подключены к выходу схемы 14 деления, а второй операционный усилитель 18 своим входом связан с второй линией 17 задержки, а выходом — с блоком 19 умножения, второй вход которого соединен с выходом второй схемы 20 деления, первый и второй входы которой подключены к выходу первой линии 13 задержки и первого операционного усилителя 16. Три входа смесителя 21 видеосигналов связаны соответственно с выходами четвертой схемы 12 вычитания и первой 14 и второй 20 схем деления. Четвертый вход смесителя соединен с выходом телевизионной камеры 22, а его выход — с видеомагнитофоном 23, выход которого нагружен на телевизионный приемник 24.

Устройство работает следующим образом.

Поток γ -излучения от радиоактивного объекта 1 и участка лоцируемой поверхности площадью $S_{\text{лц}}$ поступает в детекторы. Причем участок обзора поверхности ограничен коллиматорами

детекторов в пределах площади $S_{\text{лц}} = L_x \cdot 2L_y$, где L_x — отрезок по оси X , L_y — отрезок по оси Y . Импульсные частотно-модулированные сигналы с детекторов преобразовываются в соответствующих интенсиметрах в аналогичные сигналы с амплитудами, пропорциональными интенсивности γ -излучения, попадающего в соответствующий детектор. Первая, третья и вторая разности сигналов детекторов вырабатываются первой, второй, третьей схемами вычитания, первая и вторая разности суммируются сумматором 15, с которого сигнал суммы приращений поступает на первый вход первой схемы 14 деления, на второй вход которой подается сигнал разности с выхода второй схемы 10 вычитания (делимое). Электрический сигнал на выходе первой схемы 14 деления характеризует пространственное положение по оси Y радиоактивного объекта с координатой Y_0 независимо от уровня интенсивности объекта излучения и фона. Полученный сигнал подается через первый операционный усилитель 16 с коэффициентом усиления $K_{\text{ус1}} = K_{\text{ус1}}' + Y_0 K_{\text{ус1}}'' = \zeta_1 f_1(0) - \zeta_1 f_1'(0) + Y_0 \zeta_2 f_2'(0)$, где $K_{\text{ус1}}$ — коэффициент усиления первого операционного усилителя;

$K_{\text{ус1}}'$ и $K_{\text{ус1}}''$ — первая и вторая производные указанного коэффициента усиления;
 ζ_1, ζ_2 — коэффициенты преобразования величины γ -излучения в электрический сигнал первого и второго детекторов соответственно;

$f_1(0), f_2(0)$ — пространственная чувствительность первого и второго детекторов в точке, координата которой $Y=0$, на первый вход второй схемы 20 деления.

На второй вход второй схемы деления поступает сигнал разности второго и первого детекторов, предварительно прошедший через первую линию 13 задержки. На выходе этой схемы вырабатывается электрический сигнал, пропорциональный интенсивности излучения радиоактивного объекта. Полученный сигнал поступает на первый вход блока 19 умножения, на второй вход которого приходит сигнал с пер-

вой схемы 14 деления, предварительно задержанный во времени (третья линия 17 задержки) и усиленный вторым операционным усилителем 18. Произведение двух электрических сигналов поступает на первый вход четвертой схемы 12 вычитания, на второй вход поступает задержанный во времени (вторая линия 11 задержки) сигнал с интенсиметра 6. Электрический сигнал, пропорциональный интенсивности излучения фона радиоактивного объекта, а также сигнал, характеризующий координату его пространственного положения совместно с видеосигналом изображения лоцируемой поверхности и телевизионной камеры 22, поступают на вход смесителя видеосигналов.

В результате получаем видеосигнал, отображающий окружающую местность с изображением меток, указывающий радиоактивный объект, интенсивность его излучения и фона. Этот же сигнал записывается на видеоманитобфоне.

Для иллюстрации независимости локации, т.е. определения координаты $Y_{ц0}$ радиоактивного объекта от изменения уровня фона загрязненной местности, а также раздельного определения интенсивности излучения фона и обнаруженного объекта и определения χ -контраста записываем в общем виде радиометрические сигналы I_i , $i=1,2,3$ трех коллимированных детекторов, в поле зрения которых находится поверхность площадью $S_{\chi\phi}$:

$$I_i(y) = \eta_i A(t) V_{эф} \int_{S_{\chi\phi}} \varphi_{\delta_0}(x, y) f_i(y) dS + \eta_i B(t) V_{эф} \int_{S_{\chi\phi}} \varphi_{\chi\phi}(x, y) f_i(y) dS$$

при равномерном распределении χ -излучения по поверхности радиоактивного объекта и окружающей местности $\varphi_{\delta_0}(x, y) = \text{const}$ и $\varphi_{\chi\phi}(x, y) = \text{const}$, т.е. $\varphi_{\chi\phi}(x, y) = \varphi_{\delta_0}(x, y)$,

где $\varphi_{\delta_0}(x, y)$ и $\varphi_{\chi\phi}(x, y)$ — функции, описывающие распределение интенсивности излучения радиоактивного объекта и лоцируемой местности;

$V_{эф}$ — эффективный объем детектора;

η_i — коэффициент преобразования величины χ -излучения в электрический сигнал;

$S_{\delta_0} = L_{\chi} \cdot L_y$; $S_{\chi\phi} = 2L_y \cdot L_x$ — эффективная площадь излучения χ -объекта и коллимированного участка;

$f_i(y)$ — пространственная чувствительность детекторов вдоль измеряемой координаты y ;

$$f_i(y) = \frac{1}{R_i^2} = \frac{1}{H^2 + x_0^2 + (y + y_i)^2},$$

где R_i — расстояние от объекта излучения до детектора;

y_i — координаты соответствующих детекторов по оси y ;

H — величина высоты размещения χ -детекторов над лоцируемой поверхностью;

x_0 — смещение коллимированного участка от оснований проекций детекторов;

$L_y, -L_y$ — смещение второго и третьего детекторов относительно первого.

Соотношение величин H , x_0 и y_i выбирается из условия линейной независимости пространственных чувствительностей детекторов, т.е. неравенства нулю в области $2L_y$ Грамиана системы $f_i(y)$, где $i=1,2,3$.

Для простоты дальнейшего изложения принимаем χ -объект в виде точечного источника $L_x \ll 2L_y$, $L_y \ll 2L_y$ и $\varphi_{\delta_0}(x, y) = \delta(y - y_{ц0}; x - x_{ц0})$, $x_{ц0} = L_x/2$, а $\varphi_{\chi\phi}(x, y) = \text{const}$. Тогда

$$I_i(y) = \eta_i A(t) \int_{S_{\delta_0}} \delta(y - y_{ц0}; x - x_{ц0}) f_i(y) dS + \eta_i B(t) \int_{S_{\chi\phi}} \varphi_{\chi\phi}(x, y) f_i(y) dS.$$

Заменяя функции $f_i(y)$ степенными рядами Маклорена и учитывая фильтрующие свойства δ -функции, получаем после интегрирования

$$I_i(y) = \eta_i A(t) V_{эф} \mu_0 \cdot \frac{L_x}{2} \left[f_i(0) + y_{ц0} f_i'(0) + \frac{1}{2!} y_{ц0}^2 f_i''(0) + \dots \right] + \eta_i B(t) \int_{S_{\chi\phi}} \varphi_{\chi\phi}(x, y) \chi f_i(y) dS,$$

$$\text{где } \mu_0 \cdot \frac{L_x}{2} = \int_{S_{\delta_0}} \frac{L_x}{2} \delta(y - y_{ц0}) dS.$$

Произведем вычитание величины сигнала среднего (первого) детектора из сигналов двух крайних и с учетом условия равенства интегральных характеристик преобразования каналов дозиметрирования

$$\eta_1 \int_{S_{\text{ЛД}}} f_1(y) dS = \eta_2 \int_{S_{\text{ЛД}}} f_2(y) dS = \\ = \eta_3 \int_{S_{\text{ЛД}}} f_3(y) dS$$

и, ограничиваясь двумя членами ряда Маклорена, получаем систему двух линейно независимых уравнений двух неизвестных $y_{\text{ц0}}$ и $A(t)$

$$\Delta_1 = I_2 - I_1 = A(t) V_{\text{эф}} \mu_0 \frac{L_X}{2} \left\{ [\eta_2 f_2(0) - \eta_1 f_1(0)] + y_{\text{ц0}} [\eta_2 f_2'(0) - \eta_1 f_1'(0)] \right\} \quad (1)$$

$$\Delta_2 = I_3 - I_1 = A(t) V_{\text{эф}} \mu_0 \frac{L_X}{2} \left\{ [\eta_3 f_3(0) - \eta_1 f_1(0)] + y_{\text{ц0}} [\eta_3 f_3'(0) - \eta_1 f_1'(0)] \right\} \quad (2)$$

Известно, что решение этой системы относительно μ_0 возможно при условии

равенства нулю определителя ее расширенной матрицы.

Составляем матрицу

15

$$\begin{vmatrix} \left\{ [\eta_2 f_2(0) - \eta_1 f_1(0)] + y_{\text{ц0}} [\eta_2 f_2'(0) - \eta_1 f_1'(0)] \right\} \left\{ \frac{-(I_2 - I_1) \cdot 2}{A(t) V_{\text{эф}} L_X} \right\} \\ \left\{ [\eta_3 f_3(0) - \eta_1 f_1(0)] + y_{\text{ц0}} [\eta_3 f_3'(0) - \eta_1 f_1'(0)] \right\} \left\{ \frac{-(I_3 - I_1) \cdot 2}{A(t) V_{\text{эф}} L_X} \right\} \end{vmatrix} = 0,$$

Формируем определитель расширенной матрицы по степеням координаты

центра $y_{\text{ц0}}$ гаммаизлучающего объекта:

$$\begin{vmatrix} \left\{ \eta_2 f_2'(0) - \eta_1 f_1'(0) \right\} \left\{ \frac{-(I_2 - I_1) \cdot 2}{A(t) V_{\text{эф}} L_X} \right\} \\ \left\{ \eta_3 f_3'(0) - \eta_1 f_1'(0) \right\} \left\{ \frac{-(I_3 - I_1) \cdot 2}{A(t) V_{\text{эф}} L_X} \right\} \\ + \left\{ \eta_2 f_2(0) - \eta_1 f_1(0) \right\} \left\{ \frac{-(I_2 - I_1) \cdot 2}{A(t) V_{\text{эф}} L_X} \right\} \\ \left\{ \eta_3 f_3(0) - \eta_1 f_1(0) \right\} \left\{ \frac{-(I_3 - I_1) \cdot 2}{A(t) V_{\text{эф}} L_X} \right\} \end{vmatrix} = 0$$

Сокращаем полученное уравнение на множитель $-\frac{2}{A(t) V_{\text{эф}} L_X}$ и вычисляем значение определителей по степеням $y_{\text{ц0}}$ координаты положения излучающего объекта.

$$\begin{aligned} & y_{\text{ц0}} \left\{ [\eta_2 f_2'(0) - \eta_1 f_1'(0)] [I_3 - I_1] - [\eta_3 f_3'(0) - \right. \\ & \left. - \eta_1 f_1'(0)] [I_2 - I_1] \right\} + y_{\text{ц0}}^2 \left\{ [\eta_2 f_2(0) - \right. \\ & \left. - \eta_1 f_1(0)] [I_3 - I_1] - [\eta_3 f_3(0) - \eta_1 f_1(0)] [I_2 - \right. \\ & \left. - I_1] \right\} = 0. \end{aligned}$$

Откуда $y_{\text{ц0}}$ радиоактивного объекта

$$y_{\text{ц0}} = \frac{[\eta_2 f_2(0) - \eta_1 f_1(0)] [I_3 - I_1] - [\eta_3 f_3(0) - \eta_1 f_1(0)] [I_2 - I_1]}{[\eta_2 f_2'(0) - \eta_1 f_1'(0)] [I_3 - I_1] - [\eta_3 f_3'(0) - \eta_1 f_1'(0)] [I_2 - I_1]}$$

Учитывая симметричное расположение двух крайних детекторов относительно центрального детектора, получаем следующее соотношение между η_1 ; $f_1(0)$ и $f_1'(0)$, т.е. $\eta_2 = \eta_3$; $\eta_1 = 1$, $f_2(0) = f_3(0)$, $f_2'(0) = f_3'(0)$, а $f_2'(0) = 0$, и упрощаем аналитическое выражение

$$y_{\text{ц0}} = \frac{[\eta_2 f_2(0) - f_1(0)] [I_3 - I_2]}{[\eta_2 f_2'(0) - f_1'(0)] [I_3 + I_2 - 2I_1]}$$

Обращаем внимание на то, что сумма приращений $\Delta_1 = I_2 - I_1$ и $\Delta_2 = I_3 - I_1$

равна $\sum \Delta_1, \Delta_2 = I_2 + I_3 - 2I_1$, а разность $\Delta_{\Delta_1, \Delta_2} = (I_3 - I_1) - (I_2 - I_1) = I_3 - I_2$, тогда $y_{\text{ц0}}$ определяется как отношение разностей радиометрических сигналов второго и первого, третьего и первого детекторов, которое не зависит от уровня интенсивности излучения объекта и лоцируемой поверхности местности.

Для определения интенсивностей излучения объекта найденное значение $y_{\text{ц0}}$ подставляем в уравнение (1).

огда интенсивность радиоактивного объекта $A(t) \mu_0 = (I_2 - I_1) / (V_{эф} \frac{LX}{2} (\mu_2 f_2(0) + \mu_{ц0} f_2^1(0)))$.

Получаем значение $A(t) \mu_0$ и подставляем в исходное уравнение:

$$I_1 = A(t) \mu_0 V_{эф} \frac{LX}{2} \left[f_1(0) + \mu_{ц0} f_1^1(0) + \frac{1}{2} \mu_{ц0}^2 f_1^2(0) \right] + B(t) \Phi_{фон}$$

и находим интенсивность фона:

$$B(t) \Phi_{фон} = I_1 - A(t) \mu_0 V_{эф} \frac{LX}{2} \left[f_1(0) + \mu_{ц0} f_1^1(0) + \frac{1}{2} \mu_{ц0}^2 f_1^2(0) \right],$$

как разность между задержанным во времени сигналом первого интенсивметра и масштабированным произведением $A(t) \mu_0$ и $\mu_{ц0}$. Контраст обнаруженного объекта относительно уровня загрязнения местности можно получить по формуле (1):

$$K = \frac{A(t) \mu_0 - B(t) \Phi_{фон}}{A(t) \mu_0 + B(t) \Phi_{фон}}$$

При положительном контрасте радиоактивного объекта независимо от его уровня и отрицательном контрасте от 0 до 0,85 необходимо источник излучения убрать.

Таким образом, предлагаемое техническое решение по сравнению с прототипом позволяет по выходным сигналам устройства судить о интенсивности излучения радиоактивного объекта и фона, что позволяет принимать эффективное решение о способе загрузки и дезактивации радиоактивного объекта.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Способ локации радиоактивных объектов на загрязненной местности, включающий трехкратное измерение интегральной интенсивности γ -излучения, коллимированного участка лоцируемой территории с линейно независимыми друг относительно друга локальными и заранее выравненными интегральными пространственными чувствительностями вдоль определяемой координаты, формирование двух линейно независимых

сигналов приращений интенсивностей друг относительно друга и формирование сигнала отношения разности этих приращений к сигналу суммы их интенсивностей, смещение сигнала отношения с видеосигналом телевизионного изображения лоцируемой местности и выделение радиоактивного объекта и его координаты по положению метки на экране телевизионного приемника, отличающийся тем, что, с целью расширения функциональных возможностей путем определения интенсивности излучения загрязненной местности и радиоактивного объекта, дополнительно задерживают во времени сигнал одного из приращений и по величине его отношения к усиленному сигналу координаты обнаруженного объекта определяют интенсивность его γ -излучения, затем, перемножая полученный сигнал с задержанным и усиленным сигналом координаты объекта и вычитая этот результирующий сигнал из задержанного во времени одного из сигналов интегральной интенсивности γ -излучения, определяют интенсивность фона, создаваемого загрязненной местностью, к тому же смешивая полученные сигналы с видеосигналом изображения, разделяют индицируют уровни интенсивностей γ -излучения обнаруженного объекта и окружающей загрязненной местности.

2. Устройство для локации радиоактивных объектов на загрязненной местности, содержащее три детектора с коллиматорами, ограничивающими поле зрения лоцируемым участком $S_{лц}$ с линейно независимыми вдоль определяемой координаты y локальными и заранее выравненными за счет усиления γ -интенсиметров интегральными пространственными чувствительностями $f_i(y)$,

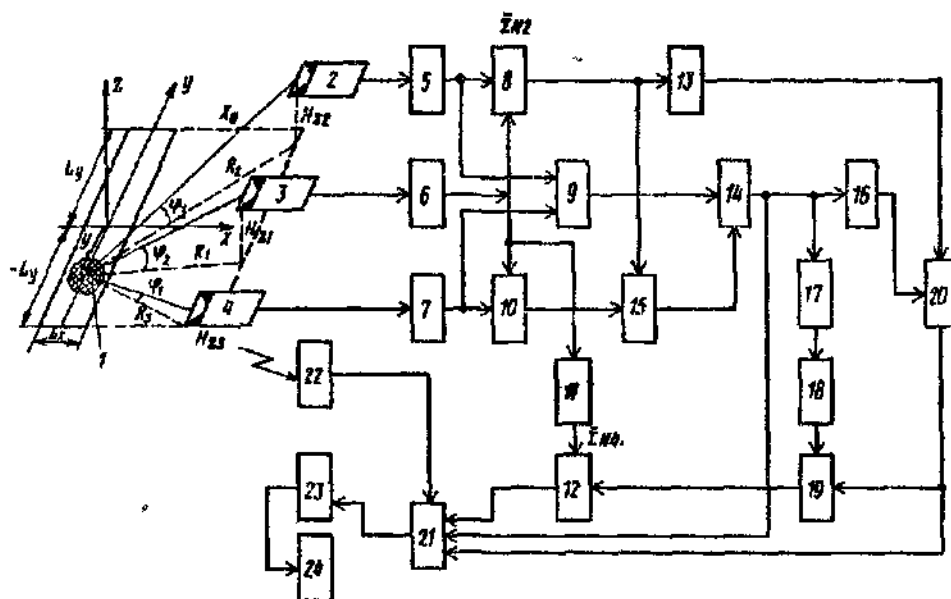
$$f_i(y) = \frac{1}{H_z^2 + x_0^2 + (y + y_i)^2},$$

где H_z, x_0 - высота и удаление осей лоцируемого участка трех детекторов;
 y_i - величина смещения детекторов относительно центрального детектора вдоль координаты y ,

выходы каждого из детекторов соединены с входами первого, второго и третьего интенсиметров, выход пер-

вого интенсивметра соединен с первыми входами первой и второй схем вычитания, выход второго интенсивметра соединен с вторым входом первой схемы вычитания и первым входом третьей схемы вычитания, выход третьего интенсивметра соединен с вторыми входами второй и третьей схем вычитания, выходы первой и второй схем вычитания соединены с первым и вторым входами сумматора соответственно, выход которого соединен с первым входом первой схемы деления, второй вход которой соединен с выходом третьей схемы вычитания, телевизионная камера соединена с первым входом смесителя видеосигналов, выход которого соединен с входом магнитофона, выход которого соединен с выходом телевизионного приемника, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью расширения функциональных возможностей путем определения интенсивности излучения загрязненной местности и радиоактивного объекта, в него введены три линии задержки сигналов во вре-

мени, два операционных усилителя, блок умножения, вторая схема деления, четвертая схема вычитания, выход первой схемы деления соединен с входом первого операционного усилителя, выход которого соединен с первым входом второй схемы деления, второй вход которой соединен с выходом первой линии задержки, вход которой соединен с выходом первой схемы вычитания, выход первой схемы деления соединен с вторым входом смесителя сигналов и входом второй линии задержки, выход которой через второй операционный усилитель соединен с первым входом блока умножения, второй вход которого соединен с выходом второй схемы деления и третьим входом смесителя сигналов, выход первого интенсивметра соединен через третью линию задержки с первым входом четвертой схемы вычитания, второй вход которой соединен с выходом блока умножения, выход четвертой схемы вычитания соединен с четвертым входом смесителя сигналов.



Составитель Л.Талонина

Редактор С.Кулякова

Техред А.Кравчук

Корректор М.Демчик

Заказ 494/ДСП

Тираж 178

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г.Ужгород, ул. Гагарина, 101