



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

A01G 23/00 (2024.01); A01G 7/00 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2023125071, 29.09.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.09.2023

Дата регистрации:
16.12.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.09.2023

(45) Опубликовано: 16.12.2024 Бюл. № 35

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦИС для Амелиной
К.Е.

(72) Автор(ы):

Давыдов Вячеслав Федорович (RU),
Комарова Мария Евгеньевна (RU),
Дормидонтова Виктория Владиславовна
(RU),
Санаева Татьяна Сергеевна (RU),
Максимова Алина Николаевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский государственный
технический университет имени Н.Э.
Баумана (национальный исследовательский
университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2622708 C2, 19.06.2017. RU
2558212 C2, 27.07.2015. RU 2756377 C1,
29.09.2021. WO 2018150691 A1, 23.08.2018.

(54) Способ ранжирования видов пород березы, липы, клена, осины, сосны, ели для озеленения

(57) Реферат:

Изобретение относится к области лесного хозяйства и экологического мониторинга. Способ включает заготовку образцов крон видов пород березы, липы, клена, осины, сосны, ели, взятых при существующей техногенной нагрузке городского поселения, измерения коэффициентов спектральной яркости видов для эталонных пробных площадок, облучение образцов световым потоком с регулируемой интенсивностью в импульсном режиме в интервале 400-700 нм, прием фотоприемником сигнала флуоресценции образцов и его преобразование в цифровую форму с изменяемым шагом и временем дискретизации, определение коэффициентов эффективности фотосинтеза через отношение значения текущего сигнала флуоресценции (F_v) к сигналу эталонного образца (F_{max}), $K = F_v / F_{max}$, расчет

постоянной времени убывания эффективности

(T): $T = \frac{\Delta t}{\ln \frac{K_1}{K_2}}$; где $\Delta t = (t_2 - t_1)$ - интервал

времени между двумя последовательными измерениями эффективности (K_1) и (K_2); (t_1) и (t_2) - дискретные интервалы времени; (K_1) и (K_2) - значения сигнала флуоресценции в дискретных точках; расчет потенциальных значений объема фитомассы (Φ_i) каждого вида породы в относительных единицах в зависимости от функции нормализованного вегетационного индекса (NDVI) для эталонного участка, ранжирование вида пород по величине результирующего индекса (I_Σ) из произведения

трех параметров: $I_{\Sigma} = \Phi_i * (F_v / F_{max}) * T$.
Способ обеспечивает оперативность и

достоверность количественных оценок,
уменьшение объема работ. 5 ил., 1 табл., 1 пр.

RU 2831804 C1

RU 2831804 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

A01G 23/00 (2024.01); A01G 7/00 (2024.01)

(21)(22) Application: 2023125071, 29.09.2023

(24) Effective date for property rights:
29.09.2023

Registration date:
16.12.2024

Priority:

(22) Date of filing: 29.09.2023

(45) Date of publication: 16.12.2024 Bull. № 35

Mail address:

105005, Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,
MG TU im. N.E. Bauman, TSIS dlya Amelinoj
K.E.

(72) Inventor(s):

Davydov Viacheslav Fedorovich (RU),
Komarova Mariia Evgenevna (RU),
Dormidontova Viktoriia Vladislavovna (RU),
Sanaeva Tatiana Sergeevna (RU),
Maksimova Alina Nikolaevna (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Moskovskii gosudarstvennyi
tekhnicheskii universitet imeni N.E. Bauman
(natsionalnyi issledovatel'skii universitet)»
(MG TU im. N.E. Bauman) (RU)

(54) METHOD FOR RANKING TYPES OF BIRCH, LINDEN, MAPLE, ASPEN, PINE, SPRUCE FOR GARDENING

(57) Abstract:

FIELD: forestry; environmental monitoring.

SUBSTANCE: method involves preparation of samples of crowns of species of birch, linden, maple, aspen, pine, spruce, taken at the existing technogenic load of the urban settlement, measuring the spectral brightness coefficients of the species for the reference test sites, irradiation of samples with light flux with controlled intensity in pulse mode in range of 400–700 nm, reception by photodetector of fluorescence signal of samples and its conversion into digital form with variable step and sampling time, determination of photosynthesis efficiency coefficients through the ratio of the value of the current fluorescence signal (F_v) to the signal of the reference sample (F_{max}), $K = F_v/F_{max}$, calculation of efficiency decay time

constant (T): $T = \frac{\Delta t}{\ln \frac{K_1}{K_2}}$; where $\Delta t = (t_2 - t_1)$ —time

interval between two successive measurements of efficiency (K_1) and (K_2); (t_1) and (t_2) are discrete time intervals; (K_1) and (K_2) are fluorescence signal values in discrete points; calculation of potential values of volume of phytomass (Φ_i) of each type of rock in relative units depending on function of normalized vegetation index ($NDVI$) for reference section, ranking the type of rocks by the value of the resultant index (I_Σ) from the product of three parameters: $I_\Sigma = \Phi_i * (F_v/F_{max}) * T$.

EFFECT: method provides efficiency and reliability of quantitative estimates, reduced scope of works.

1 cl, 5 dwg, 1 tbl, 1 ex

Изобретение относится к лесному хозяйству и может найти применение при планировании мероприятий по озеленению городских территорий.

Лес имеет не только сырьевое, но и средообразующее значение для санитарно-гигиенического состояния воздуха городских поселений, поскольку непосредственно поглощает углекислый газ и продуцирует кислород. Продуцирующая способность леса определяется объемом фитомассы: размерами крон деревьев, их густотой, высотой насаждений, количеством деревьев на одном га, составом пород. Наибольшей продуцирующей способностью и объемом фитомассы обладают широколиственные породы: дуб, липа, клен, ясень. Однако, в условиях техногенного и антропогенного угнетения, высоких уровнях загрязнения воздушной среды выбросами промышленных предприятий, продуктивность растительных ценозов может существенно меняться. Поэтому, при планировании озеленения городских территорий, важно знать реальные показатели устойчивости и продуктивности различных видов пород при известных значениях предельно допустимых концентраций.

Известен «Способ определения рейтинга вида пород для плана озеленения», Патент Ru № 2 588 212, A.01.G, 23/00, 2015 г. - аналог.

Способ аналога включает составление каталога древесных пород обследуемого городского поселения с известной экологической обстановкой и соответствующей ему территории эталонного участка, проведение измерений техническими средствами: цифровой видеокамерой; цифровым видеоспектрометром; высотомером; счетчиком совокупности параметров, определяющих объем продуцирующей кислород биомассы каждого вида растений: площади сечения кроны S [м²]; густоты кроны, как средневзвешенной пространственной частоты F_{cp} [1/м] функции сигнала ее изображения $I(x, y)$, цветности кроны, как средневзвешенной длины волны λ_{cp} [нм] коэффициента спектральной яркости, средней высоты h [м] насаждения данного вида,

относительного числа здоровых N_i деревьев к общему их количеству N данной породы, нормирование измеренных показателей относительно их значений для эталонных участков, ранжирование показателей по мере убывания их значимости в объеме продуцирующей фитомассы, вычисление функции рейтинговой оценки R_i как средневзвешенной суммы относительных показателей каждого вида породы:

$$R_i = \omega_1 \left(\frac{N_i}{N_{эт}} \right) + \omega_2 \left(\frac{h_i}{h_{эт}} \right) + \omega_3 \left(\frac{S_i}{S_{эт}} \right) + \omega_4 \left(\frac{F_i}{F_{срi}} \right) + \omega_5 \left(\frac{\lambda_i}{\lambda_{срi}} \right);$$

Где $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5$ -весовые коэффициенты значимости, составление итоговой таблицы рейтинга видов пород.

Недостатками аналога являются:

- некорректное использование, при оценке рейтинга общетеоретических весовых коэффициентов, рассчитываемых по формуле Фишберна, применительно к лесному ценозу;

- не все критичные параметры вида, как то нормализованный вегетационный индекс (NDVI) учтены при расчете рейтинга техногенных нагрузок и эталонного участка, не подверженного техногенному угнетению, путем измерения совокупности показателей относительного числа деревьев, оставшихся здоровыми N_i/N ;

- критерий оценки вида (рейтинг) носит не технический характер.

Ближайшим аналогом является «Способ выбора вида пород для плана озеленения» Патент Ru № 2622708, A01G23/00, 2017 г. Способ ближайшего аналога включает расчет объема продуцирующей кислород биомассы каждым видом в общем ценозе городских

посадок в условиях техногенных нагрузок и эталонного участка, не подверженного техногенному угнетению, путем измерения совокупности показателей: относительного числа деревьев, оставшихся здоровыми N_i/N ; средней высоты вида h_i , нормализованного вегетационного индекса NDVI, средней площади сечения кроны S'_i ; густоты кроны как средневзвешенной частоты пространственного спектра изображения кроны F_i ; вычисление объема Q биомассы как произведение перечисленных показателей:

$$Q_i = \frac{N_i}{N} \cdot h_i \cdot NDVI \cdot S'_i \cdot F_i;$$

определение разности ΔQ_i между объемом биомассы вида для эталонного и обследуемого участков, ранжирование вида пород по минимальному проценту потерь биомассы: $\Delta Q_i/Q_i$ [%].

К недостаткам ближайшего аналога следует отнести:

- большое количество измеряемых параметров и объем измерений, из теории ошибок известно, что относительная ошибка измерений равна сумме относительных ошибок измерений каждого параметра;

- непосредственно не измеряются внутренние параметры фотосинтеза, которые и определяют устойчивость и продуктивность каждого вида.

Задача, решаемая заявленным способом, состоит в измерении непосредственных параметров фотосинтеза, определяющих эффективность преобразования лучистой энергии светового потока в биомассу вида.

Поставленная задача решается тем, что способ выбора пород для плана озеленения включает заготовку образцов побегов крон видов, взятых при существующей техногенной нагрузке городского поселения, облучение образцов световым потоком с регулируемой интенсивностью в импульсном режиме в интервале 400...700 нм, прием фотоприемником сигнала флуоресценции образцов и его преобразование в цифровую форму с изменяемым шагом и временем дискретизации, определение эффективности фотосинтеза через отношение значения текущего сигнала флуоресценции (F_v) к сигналу эталонного образца (F_{\max}), $K = F_v/F_{\max}$, расчет постоянной времени убывания эффективности T :

$$T = \frac{\Delta t}{\ln \frac{K_1}{K_2}},$$

где $\Delta t = (t_2 - t_1)$ - интервал времени между двумя последовательными измерениями эффективности (K_1) и (K_2), теоретический расчет фитомассы каждого вида (Φ_i) в функции нормализованного вегетационного индекса (NDVI), для эталонного участка, ранжирование вида пород по величине результирующего индекса (I_Σ) из произведения трех параметров:

$$I_\Sigma = \Phi_i \cdot (F_v/F_{\max}) \cdot T$$

Изобретение поясняется чертежами, где:

фиг. 1 - коэффициенты спектральной яркости вида пород эталонного участка;

фиг. 2 - объем фитомассы (в условных единицах) видов пород, в функции NDVI;

фиг. 3 - полосы переизлучения солнечного спектра при квантовом взаимодействии с молекулами вещества;

фиг. 4 - динамика изменения коэффициентов эффективности фотосинтеза;

фиг. 5 - функциональная схема устройства, реализующего способ.

Техническая сущность способа состоит в следующем. Известна приближенная оценка

фитомассы растительного покрова по цветности с использованием значений нормализованного вегетационного индекса (NDVI), [см., например, Ближайший аналог, Патент Ru№ 2 622 708, 2017 г, а также В.М. Жирин, статья в научном сборнике «Аэрокосмические методы и геоинформационные системы в лесоведении и лесном хозяйстве», М, ЦЭПП РАН, 1998 г., стр. 119-123]:

$$NDVI = \frac{c_2 - c_1}{c_2 + c_1},$$

где c_1 - значения коэффициента спектральной яркости (КСЯ) растительности в диапазоне 0,58...0,68 мкм,

c_2 - значения КСЯ в диапазоне 0,73...1,1 мкм.

Проводились фундаментальные измерения коэффициентов спектральной яркости видов для эталонных пробных площадок [см., например, Л.И. Чапурский «Отражательные свойства природных объектов в диапазоне 400...2500 нм» часть 1, Мин. Обороны СССР 1968 г., стр. 44-46, КСЯ крон деревьев, а также, В.И. Сухих «Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве», изд. Мар. ГТУ, Йошкар-Ола, 2005 г., стр. 21, рис. 2.8].

Коэффициенты спектральной яркости видов пород иллюстрируются графиками фиг. 1. Потенциальные значения объема фитомассы видов пород в относительных единицах в функции NDVI для эталонных участков иллюстрируются графиками фиг. 2 и таблицей 1.

Таблица 1

вид породы	береза	липа	клен	осина	сосна	ель
NDVI	0,55 - 0,65	0,45 - 0,55	0,35 - 0,45	0,25 - 0,35	0,25 - 0,35	0,15 - 0,25
потенциальный объем	1,6...1,8	1,5...1,6	1,4...1,5	1,3...1,4	1,2...1,3	1,2...1,2

Реальная продуктивность видов пород зависит от эффективности поглощения лучистой энергии солнечного спектра фотосинтезирующими органами листьев, хвои, а также наличием влаги и минерального питания.

Поглощение квантов света в фитопластах происходит на молекулярном уровне. При всех видах возможного взаимодействия, как то поглощение, рассеяние, переизлучение - интегральный эффект взаимодействия состоит в смещении спектра отраженного потока по отношению к падающему. На рисунке фиг.3 иллюстрируются полосы смещенного переизлучения: серия Лаймана (100...300) нм, серия Бальмера (650...1200), серия Пашена (650...1200) нм [см., например «Волновые числа комбинационного сдвига», Р. Межерис, Лазерное дистанционное зондирование, пер. с англ., Мир, М, 1987 г., стр 132, табл. 5.4] в частности, в интервале 400...700 нм существует серия полос флуоресценции, эффективного поглощения светового потока хлорофиллом фитопластов. При стрессовых ситуациях, в условиях техногенных нагрузок, накопления в фотосинтезирующих органах вредных поллютантов, происходит уменьшение хлорофилла, снижение продуктивности, уменьшение общего объема фитомассы. Показателем эффективности фотосинтеза является коэффициент (К) отношения текущего значения сигнала флуоресценции (F_v) к максимальному (F_{max})

$$K = F_v / F_{max}$$

Максимальным значением является сигнал флуоресценции образца эталонного участка. Кроме абсолютного значения сигнала флуоресценции, большой объем информации содержится в динамике изменения данного параметра в условиях техногенных нагрузок. Динамика физических процессов описывается дифференциальным уравнением первой степени, общим решением которых является экспонента [см.,

например, Н.С. Пискунов «Дифференциальное и интегральное исчисления для ВТУЗов, т. 1, учебник, М, Наука, 1964 г., стр. 458]

$$K(t) = e^{-t/T},$$

где Т - постоянная экспоненты.

Постоянная экспоненты является существенным «генетическим» признаком породы, отражающим устойчивость породы к техногенным нагрузкам.

Экспоненциальная зависимость обладает тем свойством, что по ее отдельному участку можно восстановить всю траекторию, вычисляя ее постоянную из соотношения:

$$T = \frac{\Delta t}{\ln K_2/K_1},$$

где $\Delta t = (t_2 - t_1)$ - дискретные интервалы времени t_1, t_2 ,

K_1, K_2 - значения сигнала флуоресценции в дискретных точках. В эксперименте дискретность отсчетов составляла 0,5 час.

На рисунке фиг. 4 иллюстрируются результаты экспериментальных измерений упомянутых параметров. Результирующий индекс ранжирования видов пород для плана озеленения рассчитывают как произведение потенциального объема фитомассы вида для эталонного участка Φ_i , сигнала флуоресценции образца вида породы при реальных техногенных нагрузках городского поселения и постоянной времени Т снижения эффективности (увядания) образца вида породы:

$$I_{i\Sigma} = \Phi_i \cdot (F_v/F_{\max}) \cdot T$$

Пример реализации способа

Заявленный способ может быть реализован по схеме фиг. 5. Функциональная схема содержит зажимную светоизолирующую клипсу (1), внутрь которой помещают испытываемый образец побега (2), размещаемую на поверхности рабочего стола (3). Облучение образца осуществляют через отверстие в клипсе, диаметром 4 мм, импульсным световым потоком с регулируемой интенсивностью, посредством генератора оптического излучения (4), собранного на светодиодах (светодиодная матрица), обеспечивающих равномерность освещения поверхности образца посредством рассеивающих линз. Сдвинутый, по длине волны, сигнал флуоресценции (из-за поглощения падающего потока хлорофиллом образца) воспринимается фотоприемником (5). Сигнал флуоресценции квантуется аналогово-цифровым преобразователем (6) с изменяемой дискретизацией отсчетов (в интервале от единиц ms до десятков сек) и накапливается в накопителе отсчетов (7) в виде массивов информации.

Обработку массивов измерений осуществляют посредством микропроцессора (8) на основе программ, записанных на жестком диске (9) (формат PDF). Результаты обработки отображают на жидкокристаллическом дисплее (10). Управление микропроцессором осуществляют посредством буквенно-цифровой клавиатуры (11). Перечисленный функционал реализован на базе существующей технической разработки в виде флуориметра (fluorimeter Handd FEA), фирма Hansatech Instruments.

Для проведения эксперимента, из списка пород озеленения (г. Москва, Московская обл.) были выбраны: клен ясенелистный, липа крупнолистная. Объем фитомассы каждого вида (таблица 1) в функции NDVI составил:

NDVI	объем фитомассы, усл. ед.
липа 0,45...0,55	1,5...1,6
клен 0,35...0,45	1,4...1,5

Измеренные коэффициенты эффективности фотосинтеза образцов при существующей

техногенной нагрузке (графики фиг.4) соответственно равны:

$$K_{\text{липа}} = 0,95, K_{\text{клен}} = 0,9$$

Постоянные времени, при дискретности отсчетов 0,5 час, расчетные значения составили: $T_{\text{липа}} = 2,4$ час, $T_{\text{клен}} = 3,6$ час

Результирующие индексы ранжирования:

$$I_{\Sigma \text{липа}} = 1,6 \cdot 0,95 \cdot 2,4 = 3,66$$

$$I_{\Sigma \text{клен}} = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 3,6 = 4,8$$

$$\Delta = 4,8 - 3,66 = 1,14$$

$$\% = 1,14/4,8 = 0,245 \text{ (24,5\%)}$$

Исходя из количественной оценки, использование клена ясенелистного для озеленения на 24,5 % предпочтительнее, устойчивее, чем липы крупнолистной.

(57) Формула изобретения

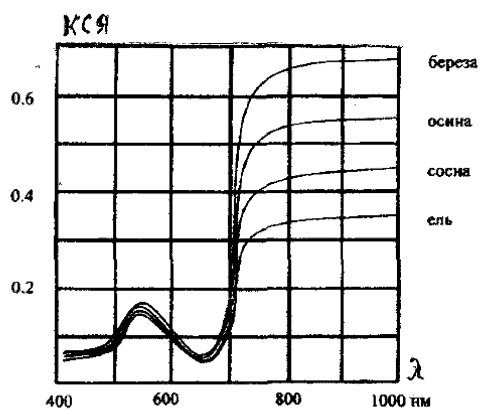
Способ ранжирования видов пород березы, липы, клена, осины, сосны, ели для озеленения, включающий заготовку образцов крон указанных видов, взятых при существующей техногенной нагрузке городского поселения, измерения коэффициентов спектральной яркости видов для эталонных пробных площадок, облучение образцов световым потоком с регулируемой интенсивностью в импульсном режиме в интервале 400-700 нм, прием фотоприемником сигнала флуоресценции образцов и его преобразование в цифровую форму с изменяемым шагом и временем дискретизации, определение коэффициентов эффективности фотосинтеза через отношение значения текущего сигнала флуоресценции (F_v) к сигналу эталонного образца (F_{\max}), $K = F_v/F_{\max}$, расчет постоянной времени убывания эффективности (T):

$$T = \frac{\Delta t}{\ln \frac{K_1}{K_2}};$$

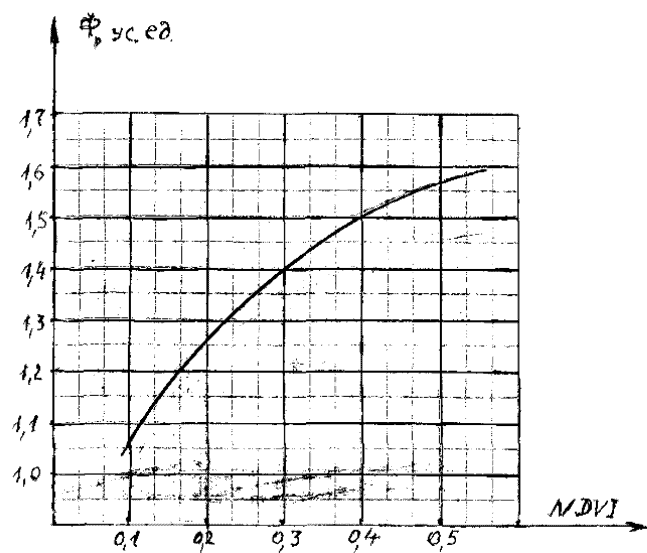
где $\Delta t = (t_2 - t_1)$ - интервал времени между двумя последовательными измерениями эффективности (K_1) и (K_2); (t_1) и (t_2) - дискретные интервалы времени; (K_1) и (K_2) - значения сигнала флуоресценции в дискретных точках; расчет потенциальных значений объема фитомассы (Φ_i) каждого вида породы в относительных единицах в зависимости от функции нормализованного вегетационного индекса ($NDVI$) для эталонного участка, ранжирование вида пород по величине результирующего индекса (I_{Σ}) из произведения трех параметров:

$$I_{\Sigma} = \Phi_i * (F_v/F_{\max}) * T.$$

1

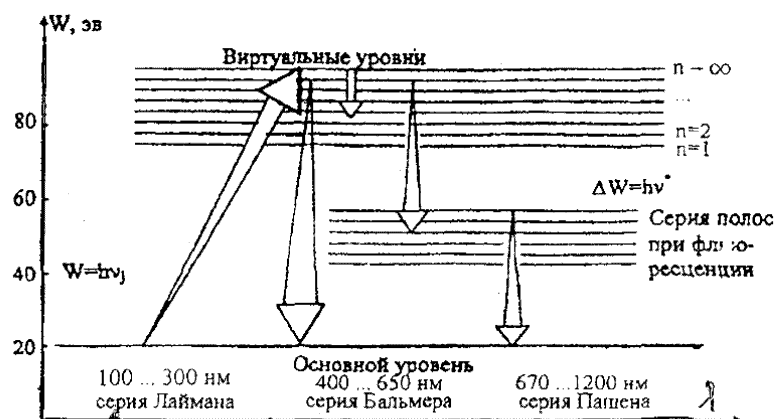


Фиг. 1

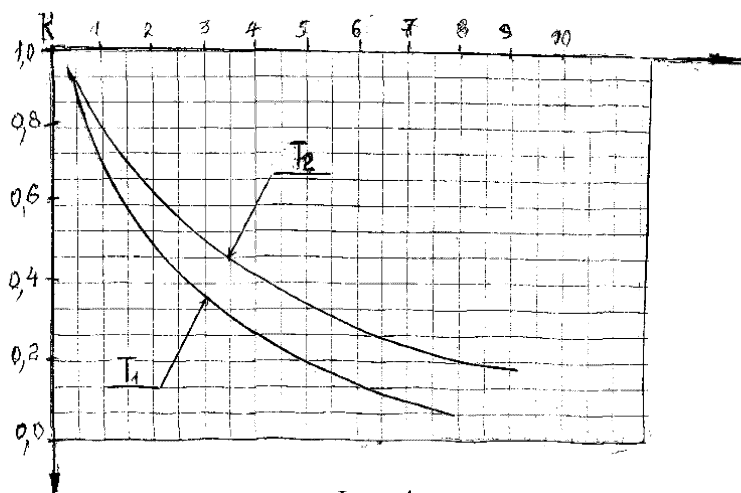


Фиг. 2

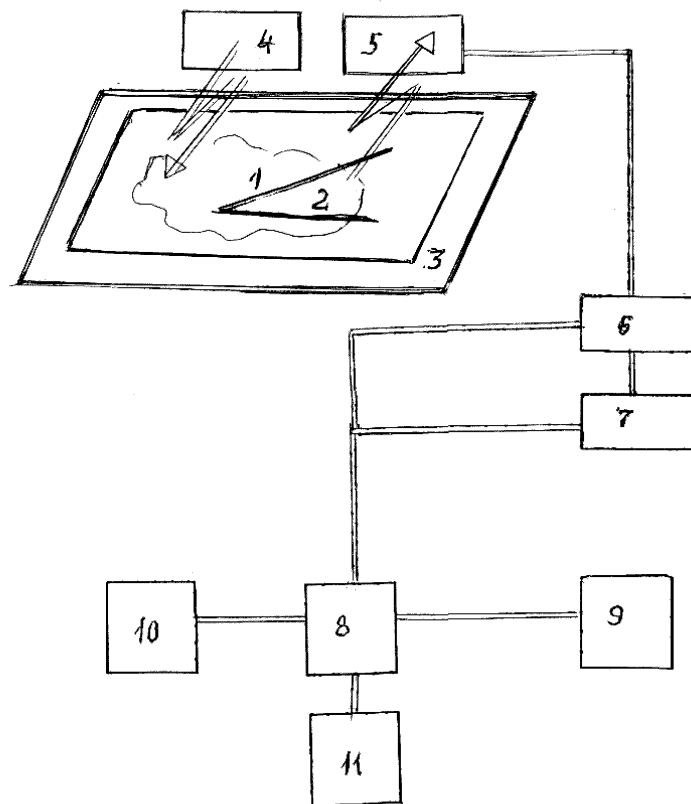
2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5