



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2014141633/14, 15.10.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.10.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.10.2014

(45) Опубликовано: 27.09.2015 Бюл. № 27

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: ГОСТ Р 54578-2011 Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия. 2012, 12 стр. RU 2174367 C1 10.10.2001 . RU 2401070 C1 10.10.2010 . RU 2189589 C2 20.09.2002 . МАКАРОВ П.В. Методические указания по оценке уровня профессионального риска. Н.Новгород: ННГАСУ 2013, стр. (см. прод.)

Адрес для переписки:

614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82, ФБУН "ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения", директору Н.В. Зайцевой

(72) Автор(ы):

Зайцева Нина Владимировна (RU),  
Шур Павел Залманович (RU),  
Алексеев Вадим Борисович (RU),  
Кириянов Дмитрий Александрович (RU),  
Шляпников Дмитрий Михайлович (RU),  
Чигвинцев Владимир Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное бюджетное учреждение науки "Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения" (ФБУН "ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения") (RU)

**(54) СПОСОБ ОЦЕНКИ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ, СВЯЗАННОГО С ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПЫЛЕВОГО ФАКТОРА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к медицине, а именно к медицине труда и профпатологии, и может быть использовано при индивидуальной оценке риска возникновения профессионального заболевания, связанного с воздействием пылевого фактора. Определяют фактическую среднесменную концентрацию и соответствующую среднесменную предельно допустимую концентрацию (ПДК) пылевых веществ в воздухе рабочей зоны. Устанавливают интенсивность труда работника и его стаж. Определяют вероятность ( $P_{t+1}$ ) развития у работника профессионального заболевания. При неизменности среднесменной концентрации пыли в течение всего стажа работы работника

временной шаг принимают равным 1 году. При изменении среднесменной концентрации пыли в течение квартала или сезона - времени года, временной шаг принимают равным 1 месяцу. При изменении среднесменной концентрации пыли в течение 1 месяца - 1 неделе. При изменении среднесменной концентрации пыли в течение 1 недели - 1 дню. При изменении среднесменной концентрации пыли в течение смены - 1 часу. На основании вычисленной вероятности развития у работника профессионального заболевания рассчитывают риск ( $R_t$ ) возникновения профессионального заболевания. При значении  $R_t$  от 0 до  $1 \times 10^{-3}$  делают вывод о малом, т.е. умеренном, риске развития профессионального

заболевания от воздействия пылевого фактора. При значении  $R_t$  от  $1 \times 10^{-3}$  до  $1 \times 10^{-2}$  - о среднем, т.е. существенном, риске. При  $R_t$  от  $1 \times 10^{-2}$  до  $1 \times 10^{-1}$  - о высоком, т.е. непереносимом, риске. При  $R_t$  от  $1 \times 10^{-1}$  до 1 - об очень высоком риске. Способ обеспечивает повышение точности оценки риска возникновения профессионального

заболевания, связанного с воздействием пылевого фактора, за счет увеличения многофакторности используемых временных показателей и расширения категорий шкалы оценки риска, выполнения расчетной процедуры в виде итерационного процесса, учитывающего динамические особенности экспозиции пылевого фактора. 6 ил., 1 табл., 1 пр.

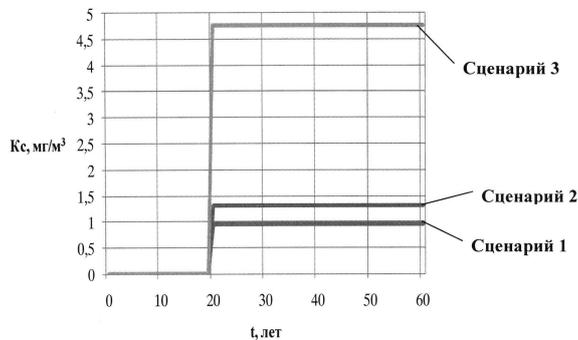


РИС.1

(56) (продолжение):

22,23. MORFELD P. Assessment and estimates of exposure to synthetic amorphous silica at five German production plants. Occup Environ Med. 2014 Jun;71 Suppl 1:A60-1 - реферат

RU 2564405 C1

RU 2564405 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014141633/14, 15.10.2014

(24) Effective date for property rights:  
15.10.2014

Priority:

(22) Date of filing: 15.10.2014

(45) Date of publication: 27.09.2015 Bull. № 27

Mail address:

614045, g. Perm', ul. Monastyrskaja, 82, FBUN  
"FNTs mediko-profilakticheskikh tekhnologij  
upravlenija riskami zdorov'ju naselenija", direktoru  
N.V. Zajtsevoj

(72) Inventor(s):

Zajtseva Nina Vladimirovna (RU),  
Shur Pavel Zalmanovich (RU),  
Alekseev Vadim Borisovich (RU),  
Kir'janov Dmitrij Aleksandrovich (RU),  
Shljapnikov Dmitrij Mikhajlovich (RU),  
Chigvintsev Vladimir Mikhajlovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe bjudzhetnoe uchrezhdenie nauki  
"Federal'nyj nauchnyj tsentr mediko-  
profilakticheskikh tekhnologij upravlenija  
riskami zdorov'ju naselenija" (FBUN "FNTs  
mediko-profilakticheskikh tekhnologij  
upravlenija riskami zdorov'ju naselenija") (RU)

(54) **METHOD FOR EVALUATING RISK OF OCCUPATIONAL DISEASE RELATED TO EXPOSURE TO DUST**

(57) Abstract:

FIELD: medicine.

SUBSTANCE: actual average per shift concentration and relevant average per shift maximum permissible concentration (MPC) of dust substances in work zone air. Worker's labour intensity and length of employment are determined. A probability ( $P_{t+1}$ ) of an occupational disease is determined. If the average per shift dust concentration remains unchanged for the whole length of employment, a time interval is taken as 1 year. If the average per shift dust concentration varies during a quarter or a season, the time interval is 1 month. If the average per shift dust concentration varies during 1 month, the time interval is 1 week. If the average per shift dust concentration varies during 1 week, the time interval is 1 day. If the average per shift dust concentration varies during a shift, the time interval is 1 hour. The calculated probability of occupational disease provides a basis to derive a risk ( $R_t$ ) of the occupational disease. If  $R_t$  is from 0 to  $1 \pm 10^{-3}$ , the low, i.e. mild, risk of the dust-caused occupational disease is stated.  $R_t$  varying from  $1 \pm 10^{-3}$  to  $1 \pm 10^{-2}$  shows the moderate, i.e. substantial, risk.  $R_t$

varying from  $1 \pm 10^{-2}$  to  $1 \pm 10^{-1}$  shows the high, i.e. intolerable, risk.  $R_t$  from  $1 \pm 10^{-1}$  to 1 testifies to the very high risk.

EFFECT: more accurate assessment of the risk of occupational disease related to the exposure to dust by increasing multiple factors of the time parameters used and extending categories of the risk scale, presenting the calculation process as an integration process taking into account dynamical characteristics of the exposure to dust.

6 dwg, 1 tbl, 1 ex

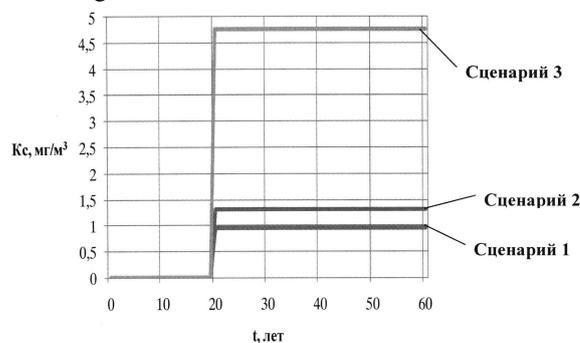


РИС.1

Изобретение относится к области медицины, в частности к медицине труда и профпатологии, и может быть использовано при индивидуальной оценке риска, позволяющей прогнозировать развитие заболеваний с учетом длительности воздействия и дозы пылевого фактора. Представляется чрезвычайно важным определить при каком  
5 стаже работы риск развития заболевания становится неприемлемым (высоким), что позволит планировать профилактические мероприятия.

Вдыхание работником аэрозолей (пылевой экспозиции), преимущественно фиброгенного действия (далее АПФД), является причиной ряда профессиональных заболеваний органов дыхания (пылевой бронхит, пневмокониозы, рак легких и др.).  
10 Все АПФД подразделяются на: высоко-, умеренно- и слабофиброгенные, что отражается в гигиеническом нормировании (через разные величины) и учитывается при гигиеническом контроле и классификации условий труда по показателям вредности.

Известен способ оценки риска ущерба здоровью, связанного с профессиональной деятельностью и воздействием пылевой экспозиции (Патент РФ №2189589). Указанный  
15 способ заключается в том, что проводят оценку условий труда и комплексную оценку состояния здоровья работающих, рассчитывают относительный риск и этиологическую долю вклада производственных факторов в развитие патологии и при значениях относительного риска до 1,4 и этиологической доле менее 33% заболевания оценивают как общие заболевания, при относительном риске от 1,5 до 5 и этиологической доле  
20 33-80% оценивают как производственно обусловленные заболевания, а при относительном риске выше 5 и этиологической доле 81-100% - как профессиональные заболевания.

Однако известный способ устанавливает лишь факт ухудшения общего состояния здоровья рабочих, подвергающихся техногенной пылевой экспозиции без  
25 количественной оценки.

Также известен ряд Методов определения риска профзаболевания, связанного с пылевым фактором, согласно которым проводят генетические исследования крови работников, по результатам которых делают прогноз о предрасположенности к  
30 развитию заболеваний, связанных с пылевым фактором: Способ прогнозирования хронического пылевого бронхита у работников угледобывающей промышленности (Патент РФ №2457490); Способ прогнозирования риска развития антракосиликоза у работников угледобывающей промышленности. (Патент №2482482); Иванова Л.А., Безрукавникова Л.М., Кузьмина Л.П. Перспективы биохимического мониторинга генетических эффектов при воздействии на человека вредных факторов  
35 производственной среды // Медицина труда и пром. экология. - 1995. - №5. - С. 23-26. Использование указанных известных способов позволяет обеспечить достаточную точность прогнозирования риска развития профзаболевания от воздействия пыли в зоне дыхания работника, но способы являются сложными в реализации и требуют специальное дорогое оборудование и наличие квалифицированного медицинского  
40 персонала, что может ограничивать их использование на практике.

Также из уровня техники (Патент РФ №2401070) известен Способ оценки профессионального риска для здоровья шахтеров, согласно которому проводят медицинский осмотр шахтеров, дополнительно определяют стаж их работы при  
45 воздействии конкретного вредного профессионального фактора или комплекса вредных профессиональных факторов, а по результатам медицинского осмотра устанавливают число больных профессиональным заболеванием в выделенной профессиональной группе с конкретным стажем работы. По полученным данным определяют степень риска Рг возникновения профессионального заболевания у шахтеров при воздействии

вредного профессионального фактора или комплекса вредных профессиональных факторов в каждой из профессиональных и стажевых групп, определяют критический стаж работы шахтера в соответствующей профессии шахтера и интервал стажа его работы в соответствующей профессии шахтера, в течение которого происходит резкий  
 5 рост профессиональной заболеваемости. Затем по результатам анализа полученных данных определяют степень профессионального риска для здоровья шахтера. Однако указанный способ является довольно сложным по своим расчетам.

Известен Способ количественной оценки риска развития профессионального хронического бронхита (Патент РФ №2174367), в котором используют генетически  
 10 обусловленные показатели - дерматоглифические данные дистальных фаланг кистей. Риск оценивают при помощи дополнительных данных о стаже работы в контакте с пылью или раздражающими дыхательные пути веществами, о половой принадлежности, о курении. Индивидуальный риск рассчитывают по формуле  $ИР = ОР_{пол} \cdot ОР_{стаж} \cdot$   
 $ОР_{кур} \cdot ОР_{дерм}$ , где  $ОР_{пол}$ ,  $ОР_{стаж}$ ,  $ОР_{кур}$  и  $ОР_{дерм}$  - величины относительного риска  
 15 в зависимости соответственно от пола обследуемого, от стажа работы в контакте с пневмотропными поллютантами, от курения и от генетически обусловленных дерматоглифических признаков. Величину индивидуального риска менее 0,1 оценивают как крайне низкую, 0,4-2,5 - как низкую, 2,6-10 - как высокую, более 10 - как крайне высокую.

К недостаткам указанного способа можно отнести использование большого количества показателей, ряд из которых не связан с воздействием пыли в рабочей зоне дыхания работника, что отражается на точности.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является техническое решение, описанное в ГОСТ Р 54578-2011, «Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно  
 25 фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия». Настоящий ГОСТ устанавливает общие принципы гигиенического контроля и оценки риска развития профзаболеваний в результате воздействия аэрозолей преимущественно фиброгенного действия на основе измерений массовой концентрации частиц пыли, содержащихся в воздухе рабочей зоны. При реализации способа,  
 30 описанного в указанном источнике информации, выполняют:

- определение среднесменной предельно допустимой концентрации ( $ПДК_{cc}$ ) и фактической среднесменной концентрации ( $К_{cc}$ ) пылевых веществ в воздухе рабочей зоны,

- установление интенсивности труда работника и его стажа,  
 35 - определение пылевой нагрузки (ПН), которую вычисляют по формуле:

$$ПН = K_{cc} \times N \times T \times Q,$$

где  $K_{cc}$  - фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работника, мг/м<sup>3</sup>;

40  $N$  - число рабочих смен, отработанных в календарном году, в условиях воздействия АПФД;

$T$  - продолжительность контакта работника с АПФД, лет;

$Q$  - объем легочной вентиляции за смену, м<sup>3</sup>, принимаемый равным: 4 м<sup>3</sup> для легких работ; 7 м<sup>3</sup> для работ средней тяжести; 10 м<sup>3</sup> для тяжелых работ;

45 - определение контрольной пылевой нагрузки (КПН), вычисляемой по формуле:  
 $КПН = ПДК_{cc} \times N \times T \times Q,$

где  $ПДК_{cc}$  - среднесменная предельно допустимая концентрация пыли в зоне дыхания

работника, мг/м<sup>3</sup>.

- сравнение ПН с КПН и по результатам сравнения фактической пылевой нагрузки с контрольным уровнем условий труда относят либо к допустимому безопасному, либо к вредному классу условий труда (таблица 1) и в соответствии с этим определяют

возможность продолжения работы в надлежащих условиях, обеспечивающих полную безопасность или требующих использования мер профилактики и установленных законодательством компенсаций за работу во вредных условиях труда.

- производят оценку риска по пылевому фактору на основе указанных классов условий труда, применяемых при санитарно-гигиеническом контроле. В соответствии с таблицей 1 различия степени вредности отдельных классов работ для высоко-, умеренно- и слабофиброгенных АПФД могут быть установлены при не менее чем десяти-двадцатикратном превышении допустимого уровня воздействия, определяемого КПН. При этом, если для первого объединенного класса условий труда (3.1+3.2) достаточно рекомендации по проведению оздоровительных мероприятий, то для второго объединенного класса условий труда (3.3+3.4) необходимо также использовать защиту временем. Именно поэтому при оценке риска профзаболевания, основанной на показателях здоровья, целесообразно руководствоваться классификацией условий труда, как можно менее дифференцированной, в зависимости от реальных ПН и КПН, что и нашло отражение в таблице 1.

Однако указанный известный способ не лишен недостатков, а именно:

- отсутствуют четкие критерии оценки риска профессиональных заболеваний при воздействии пылевого фактора;
- отсутствуют возможности оценки риска при переменной экспозиции пылевого фактора на длительные периоды времени;
- отсутствует учет эффекта снижения риска профессиональных заболеваний при выведении работника из зоны экспозиции пылевого фактора на различные временные периоды.

Технический результат, достигаемый предлагаемым изобретением, заключается в повышении точности оценки риска возникновения профессионального заболевания, связанного с воздействием пылевого фактора, за счет увеличения многофакторности используемых временных показателей и расширении категорий шкалы оценки риска, при одновременном выполнении расчетной процедуры в виде итерационного процесса, учитывающего динамические особенности экспозиции пылевого фактора.

Указанный технический результат достигается предлагаемым способом оценки риска возникновения профессионального заболевания, связанного с воздействием пылевого фактора, включающим определение фактической среднесменной концентрации и, соответствующей среднесменной предельно допустимой концентрации, пылевых веществ в воздухе рабочей зоны, установление интенсивности труда работника и его стажа, определение вероятности развития у работника профессионального заболевания, на основании которой судят о риске возникновения профессионального заболевания, связанного с воздействием пылевого фактора, при этом новым является то, что определение вероятности развития у работника профессионального заболевания выполняют с использованием итерационной процедуры, учитывающей особенности изменения среднесменной концентрации пыли во времени, с временными шагами от 1 года до 1 часа; при этом в случае неизменности среднесменной концентрации пыли в течение всего стажа работы работника временной шаг принимают равным 1 году; при изменении среднесменной концентрации пыли в течение квартала или сезона - времени года, временной шаг принимают равным 1 месяцу; при изменении среднесменной

концентрации пыли в течение 1 месяца - 1 неделе; при изменении среднесменной концентрации пыли в течение 1 недели - 1 дню; при изменении среднесменной концентрации пыли в течение смены - 1 часу; вероятность развития у работника профессионального заболевания, связанного с воздействием пылевого фактора, определяют по формуле:

$$P_{t+1} = P_t + \beta \left( \frac{q \cdot Kc_i}{ПДК_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C,$$

где  $P_{t+1}$  - вероятность развития профессионального заболевания на временном шаге  $t+1$ ;

$P_t$  - вероятность развития профессионального заболевания на временном шаге  $t$ ; при этом начальный уровень вероятности развития профессионального заболевания, связанного с повреждающим действием пылевого фактора, соответствует нулевому стажу и равен нулю:  $P_0=0$ ;

$\beta$  - коэффициент, характеризующий изменение вероятности заболевания за счет воздействия пыли и зависящий от уровня фиброгенности пыли: для слабофиброгенных пылей  $\beta=0,0021$ , для высоко/умереннофиброгенных пылей  $\beta=0,005$ ;

$Kc_i$  - средняя концентрация пыли  $i$ -го вещества за период времени, соответствующий временному шагу, в зоне дыхания работника,  $мг/м^3$ , определяемая по формуле:

$$Kc_i = \frac{\sum_{t=0}^n K_{ti}}{n},$$

где  $K_{ti}$  - концентрация пыли  $i$ -го вещества за  $t$ -й час,  $мг/м^3$ ;

$n$  - количество часов, соответствующих временному шагу;

$ПДК_i$  - предельно допустимая концентрация пыли  $i$ -го вещества, в зоне дыхания работника,  $мг/м^3$ ;

$q$  - коэффициент, зависящий от интенсивности труда, отражающий вероятную дозу, пропорционален объему легочной вентиляции за смену и принимаемый равным: 0,4 - для легких работ; 0,7 - для работ средней тяжести; 1 - для тяжелых работ;

$C$  - временной эмпирический коэффициент, соответствующий временному шагу: 1 час - 0,000114; 1 день - 0,00274; 1 неделя - 0,019231; 1 месяц - 0,083333; 1 год - 1;

далее, используя показатель вероятности  $P_t$ , рассчитывают риск  $R_t$  возникновения профессионального заболевания, связанного с воздействием пылевого фактора, по формуле:

$$R_t = P_{t+1} \cdot g,$$

где  $P_{t+1}$  - вероятность развития профессионального заболевания на временном шаге  $t+1$ ;

$g$  - коэффициент тяжести заболевания, принимаемый:  $g=0,4$  для пневмокониоза,  $g=0,5$  для хронических респираторных болезней;

и при значении этого показателя  $R_t$  от 0 до  $1 \times 10^{-3}$  делают вывод о малом, т.е. умеренном, риске развития профессионального заболевания от воздействия пылевого фактора; от  $1 \times 10^{-3}$  до  $1 \times 10^{-2}$  - о среднем, т.е. существенном, риске; от  $1 \times 10^{-2}$  до  $1 \times 10^{-1}$  - о высоком, т.е. непереносимом, риске; от  $1 \times 10^{-1}$  до 1 - об очень высоком, т.е. непереносимом, риске.

Указанный технический результат обеспечивается за счет следующего:

- использование различных временных шагов для детализации динамики экспозиции пылевого фактора;

5 - расширение оценочной шкалы риска, обеспечивающей детализацию профилактических и реабилитационных мероприятий по восстановлению здоровья работников;

- использование итерационной расчетной процедуры, обеспечивающей расчет в условиях переменных экспозиций пылевого фактора.

10 Использование при реализации нового способа совокупности предлагаемых операций, их последовательности и оценка полученных значений вероятности профзаболевания позволяет с высокой точностью производить оценку риска возникновения заболевания работника от пыли.

Для понимания существа вопроса следует пояснить, что профессиональные заболевания, связанные с воздействием аэрозолей, пневмокониозы и пневмосклерозы, 15 хронический пылевой бронхит на протяжении ряда лет занимают третье место по частоте среди профессиональных заболеваний в России. Для большой группы аэрозолей (аэрозоли дезинтеграции угля, угольнопородные аэрозоли, аэрозоли кокса (каменноугольного, пескового, нефтяного, сланцевого), саж, алмазов, углеродных волокнистых материалов, аэрозоли (пыли) животного и растительного происхождения, 20 силикатсодержащие пыли, силикаты, алюмосиликаты, аэрозоли дезинтеграции и конденсации металлов, кремнийсодержащие пыли), не обладающих выраженной токсичностью, следует выделить фиброгенный эффект действия на организм.

Развитие общетоксичного действия аэрозолей на работника в значительной степени связано с размером пыли, так как пыль с частицами до 5 мкм проникает в глубокие 25 дыхательные пути, альвеолы, частично или полностью растворяется в лимфе и, поступая в кровь, вызывает картину интоксикации. Мелкодисперсная пыль трудно улавливается, она медленно оседает, витая в воздухе рабочей зоны. Для ограничения неблагоприятного воздействия вредных веществ и аэрозолей, в частности, применяют гигиеническое нормирование их содержания в воздухе рабочей зоны.

30 В связи с тем что требование полного отсутствия вредных веществ в зоне дыхания работающих часто невыполнимо, особую значимость приобретает гигиеническая регламентация содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны - соблюдение предельно допустимой концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны - это уровни вредных факторов рабочей среды, которые при ежедневной (кроме 35 выходных дней) работе в течение 8 ч, но не более 40 ч в неделю в течение всего рабочего стажа не должны вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

В реальных производственных условиях при контроле уровня содержания АПФД 40 в воздухе рабочей зоны учитывают все колебания содержания АПФД в течение рабочей смены, замеряя фактическую концентрацию пыли.

Благодаря тому что при реализации предлагаемого способа дополнительно устанавливается широкий показатель - временной шаг от 1 года до 1 часа, конкретный выбор которого зависит от изменения фактической среднесменной концентрации пыли 45 за период времени, соответствующий этому временному шагу, обеспечивается точный учет связки: фактическая концентрация пыли - временной показатель, соответствующий именно такому изменению концентрации. Это позволяет повысить точность оценки вероятности возникновения профессионального заболевания, связанного с воздействием

пылевого фактора.

Благодаря предложенной математической формуле

$$P_{t+1} = P_t + \beta \left( \frac{q \cdot Kc_i}{ПДК_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C,$$

где  $P_{t+1}$  - вероятность развития профессионального заболевания на временном шаге  $t+1$ ;

$P_t$  - вероятность развития профессионального заболевания на временном шаге  $t$ ;

$\beta$  - коэффициент, характеризующий изменение вероятности заболевания за счет воздействия пыли и зависящий от уровня фиброгенности пыли: для слабофиброгенных пылей  $\beta=0,0021$ , для высоко/умереннофиброгенных пылей  $\beta=0,005$ ;

$Kc_i$  - средняя концентрация пыли  $i$ -го вещества за период времени, соответствующий временному шагу, в зоне дыхания работника,  $мг/м^3$ , определяемая по формуле:

$$Kc_i = \frac{\sum_{t=0}^n K_{ti}}{n},$$

где  $K_{ti}$  - концентрация пыли  $i$ -го вещества за  $t$ -й час,  $мг/м^3$ ;

$n$  - количество часов, соответствующих временному шагу;

$ПДК_i$  - предельно допустимая концентрация пыли  $i$ -го вещества в зоне дыхания работника,  $мг/м^3$ ;

$q$  - коэффициент, зависящий от интенсивности труда, отражающий вероятную дозу, пропорционален объему легочной вентиляции за смену и принимаемый равным: 0,4 - для легких работ; 0,7 - для работ средней тяжести; 1 - для тяжелых работ;

$C$  - временной эмпирический коэффициент, соответствующий временному шагу: 1 час - 0,000114; 1 день - 0,00274; 1 неделя - 0,019231; 1 месяц - 0,083333; 1 год - 1,

обеспечивается последовательность вычисления значения вероятности заболеваний на различных временных шагах, начиная с начального уровня. Начальный уровень вероятности развития профессионального заболевания, связанного с повреждающим действием пылевого фактора, соответствует нулевому стажу и равен нулю:  $P_0=0$ . При этом в предлагаемом способе вероятность является величиной, распределенной в промежутке от 0 до 1.

На основе математической формулы и показателя начального уровня последовательно выполняются расчеты на последующих временных шагах:  $P_1, P_2, P_3, P_4$  и т.д. Здесь используется итерационная процедура расчета вероятности по времени (стажу). Т.е. для того чтобы посчитать вероятность, например, при 16-летнем стаже необходимо знать эту вероятность при 15-летнем стаже, которая, в свою очередь, определяется через вероятность при 14-летнем стаже, и т.д. Естественно такая процедура расчета начинается с некоторого «начального» значения вероятности при заданном стаже. Удобно и понятно использовать в качестве начального уровня значение при стаже  $t=0$ , т.е.  $P_0$ , потом определить  $P_1, P_2$  и т.д.

Выбор временного шага при выполнении расчетов с использованием математических формул зависит от детализации задания экспозиции. При неменяющейся экспозиции пыли в течение всего стажа работы временной шаг выбирается равным 1 году. При задании переменной экспозиции временной шаг должен соответствовать периоду цикличности, т.е. в случае сезонных циклов значений концентрации пыли выбирается

шаг 1 месяц, при изменениях в течение недели или месяца - 1 день, при изменениях в течение смены - 1 час.

Средняя концентрация пыли за период времени, соответствующий временному шагу, рассчитывается по формуле:

$$K_{с_i} = \frac{\sum_{t=0}^n K_{ti}}{n}, \text{ где } K_{ti} - \text{концентрация пыли } i\text{-го вещества за } t\text{-й час, мг/м}^3; n - \text{количество}$$

часов, соответствующих временному шагу.

Метод расчета вероятности возникновения профессиональных заболеваний, связанных с воздействием пылевого фактора, основанный на рекуррентных соотношениях, дает возможность учитывать неравномерный характер экспозиции пылевого фактора во времени, при этом учитывается не только переменные экспозиции в течение смены, но и длительность межсменных перерывов.

Для выполнения оценки риска профессиональных заболеваний необходимо учитывать тяжесть заболеваний как характеристики ущерба для здоровья. При этом расчет риска выполняется по формуле:

$$R = P \cdot g,$$

где  $P$  - вероятность развития профессионального заболевания;

$g$  - коэффициент тяжести заболевания (характеристика нозологической формы).

Экспертами ВОЗ (1994 г.) рекомендованы следующие коэффициенты:  $g=0,4$  для пневмокониоза,  $g=0,5$  для хронических респираторных болезней (т.к. пылевой фактор действует только на два вида заболеваний).

Для оценки профессионального риска рекомендуется принимать следующую шкалу, состоящую из четырех категорий:

0 -  $1 \times 10^{-3}$  - малый (умеренный) риск;

$1 \times 10^{-3}$  -  $1 \times 10^{-2}$  - средний (существенный) риск;

$1 \times 10^{-2}$  -  $1 \times 10^{-1}$  - высокий (непереносимый) риск;

$1 \times 10^{-1}$  - 1 - очень высокий (непереносимый) риск.

Предлагаемый способ иллюстрируется чертежами, соответствующими трем вариантам предлагаемого способа: с годовым периодом осреднения, с суточным периодом осреднения, с часовым периодом осреднения. Каждый вариант содержит результаты расчета по трем сценариям экспозиции пылевого фактора в зоне дыхания работника (исходя из признаков заявляемого способа): сценарий 1 - среднесменная концентрация соответствует 1 ПДК; сценарий 2 - среднесменная концентрация соответствует 1,4 ПДК; сценарий 3 - среднесменная концентрация соответствует 5 ПДК. На Рис. 1 представлена зависимость среднегодовой концентрации ванадийсодержащих шлаков и пылей в зоне дыхания работника от времени; на Рис. 2 - зависимость риска заболевания хроническим токсическим бронхитом от времени; на Рис. 3 - зависимость среднедневной концентрации ванадийсодержащих шлаков и пылей в зоне дыхания работника от времени (подневное осреднение); на Рис. 4 - зависимость риска заболевания хроническим токсическим бронхитом от времени (подневное осреднение); на Рис. 5 - зависимость среднечасовой концентрации ванадийсодержащих шлаков и пылей в зоне дыхания работника от времени (почасовое осреднение); на Рис. 6 - зависимость риска заболевания хроническим токсическим бронхитом от времени (почасовое осреднение).

При реализации предлагаемого способа выполняют следующие операции в нижеуказанной последовательности:

- проводят определение среднесменной предельно допустимой концентрации ПДК

и фактической среднесменной концентрации пылевых веществ в воздухе рабочей зоны. Показатель ПДК может быть приведен в ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»;

- устанавливают интенсивность труда работника (по ГОСТ Р 54578-2011) и его стаж;

5 - дополнительно устанавливают для конкретного работника временной шаг от 1 года до 1 часа, выбор которого зависит от изменения среднесменной концентрации пыли, в которой он работал, за период времени, соответствующий этому временному шагу. При этом в случае неизменности среднесменной концентрации пыли в течение всего стажа работы работника временной шаг принимается равным 1 году; при  
10 изменении среднесменной концентрации пыли в течение квартала или сезона - времени года, временной шаг принимается равным 1 месяцу; при изменении среднесменной концентрации пыли в течение 1 месяца - 1 неделе; при изменении среднесменной концентрации пыли в течение 1 недели - 1 дню; при изменении среднесменной концентрации пыли в течение смены - 1 часу;

15 - вероятность развития у работника профессионального заболевания, связанного с воздействием пылевого фактора, определяют по формуле:

$$P_{t+1} = P_t + \beta \left( \frac{q \cdot K_{c_i}}{ПДК_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C,$$

20 - используя полученный показатель вероятности  $P_t$ , далее рассчитывают риск  $R$  возникновения профессионального заболевания у конкретного работника, связанного с воздействием пылевого фактора, по формуле:

$$R_t = P_{t+1} \cdot g,$$

где  $P_{t+1}$  - вероятность развития профессионального заболевания;

25  $g$  - коэффициент тяжести заболевания: 0.4 для пневмокониоза, 0.5 для хронических респираторных болезней,

- и при его значении от 0 до  $1 \times 10^{-3}$  - оценивают риск как малый (умеренный); от  $1 \times 10^{-3}$  до  $1 \times 10^{-2}$  - как средний (существенный) риск; от  $1 \times 10^{-2}$  до  $1 \times 10^{-1}$  - как высокий  
30 (непереносимый) риск; от  $1 \times 10^{-1}$  до 1 - как очень высокий (непереносимый) риск;

Пример. Определение предлагаемым способом вероятности возникновения хронического токсического бронхита у работника от ванадийсодержащих шлаков и пылей.

35 Описание задачи. Выполнить оценку риска пылевой болезни легких у работников, находящихся в условиях постоянной экспозиции ванадийсодержащих пылей, для трех уровней среднесменной концентрации:  $4 \text{ мг/м}^3$ ,  $5,5 \text{ мг/м}^3$ ,  $20 \text{ мг/м}^3$

Величина ПДК<sub>сс</sub> для ванадийсодержащих шлаков и пылей -  $4 \text{ мг/м}^3$ .

Определение проводится для трех возможных сценариев экспозиции:

40 - первый сценарий  $K_{cc}=4 \text{ мг/м}^3$  (т.е. равно уровню предельно допустимой концентрации);

- второй сценарий  $K_{cc}=5,5 \text{ мг/м}^3$  (незначительно выше уровня предельно допустимой  
45 концентрации);

- третий сценарий  $K_{cc}=20 \text{ мг/м}^3$  (пятикратное превышение уровня ПДК).

Определение предполагается с начала трудового стажа в 20 лет при высоком уровне интенсивности труда ( $q=1$ ).

Значение среднесменной концентрации  $K_{cc}$  для всех сценариев считается неизменным на протяжении всего трудового стажа.

Так как среднесменная концентрация неизменна, то целесообразно выполнять расчеты с временным шагом 1 год ( $C=1$ ). В этом случае среднегодовую концентрацию можно

$$K_c = \frac{K_{cc} \cdot n_1 \cdot n_2}{24 \cdot 365},$$

где  $n_1$  - длительность смены, час;

$n_2$  - число смен в году.

При  $n_1=8$  часов и  $n_2=251$  смена, то  $K_c=K_{cc} \cdot 0,23$ . Тогда для первого сценария  $K_c=0,92$ ; для второго сценария  $K_c=1,265$ ; для третьего сценария  $K_c=4,6$ . Распределение среднегодовой экспозиции пыли во времени представлено на рисунке 1.

Ванадийсодержащие пыли относятся к слабофиброгенным, поэтому  $\beta=0,0021$ .

Вероятность развития профессионального заболевания определяется по соотношению:

$$P_{t+1} = P_t + 0,0021 \cdot \left( \frac{K_c}{4} - \frac{1}{3} \right) \cdot 1,$$

с начальным значением  $P_{20}=0$

Демонстрация предлагаемого способа выполняется на примере оценки риска хронического бронхита, формируемого у работника под воздействием ванадийсодержащих шлаков и пылей. При этом рассматривается три сценария экспозиции: среднесменная концентрация 1 ПДК; 1,4 ПДК и 5 ПДК.

Так как тяжесть хронического бронхита  $g=0,5$ , то риск развития профессионального заболевания определяется формулой  $R_t=0,5P_t$ , при этом для годового периода осреднения вероятность определяется по формулам:

- сценарии  $K_{cc} - 4 \text{ мг/м}^3$  (уровень предельно допустимой концентрации);

$$\begin{cases} \text{под воздействием, } P_{t+1}^{\text{Сценарий 1}} = P_t^{\text{Сценарий 1}} + 0,0021 \cdot \left( \frac{4}{4} - \frac{1}{3} \right) \cdot 1 \\ \text{без воздействия, } P_{t+1}^{\text{Сценарий 1}} = P_t^{\text{Сценарий 1}} + 0,0021 \cdot \left( -\frac{1}{3} \right) \cdot 1 \end{cases},$$

- второй сценарий  $K_{cc} - 5,5 \text{ мг/м}^3$  (незначительно выше уровня предельно допустимой концентрации);

$$\begin{cases} \text{под воздействием, } P_{t+1}^{\text{Сценарий 2}} = P_t^{\text{Сценарий 2}} + 0,0021 \cdot \left( \frac{5,5}{4} - \frac{1}{3} \right) \cdot 1 \\ \text{без воздействия, } P_{t+1}^{\text{Сценарий 2}} = P_t^{\text{Сценарий 2}} + 0,0021 \cdot \left( -\frac{1}{3} \right) \cdot 1 \end{cases}$$

- третий сценарий  $K_{cc} - 20 \text{ мг/м}^3$  (пятикратное превышение уровня воздействия).

$$\begin{cases} \text{под воздействием, } P_{t+1}^{\text{Сценарий 3}} = P_t^{\text{Сценарий 3}} + 0,0021 \cdot \left( \frac{20}{4} - \frac{1}{3} \right) \cdot 1 \\ \text{без воздействия, } P_{t+1}^{\text{Сценарий 3}} = P_t^{\text{Сценарий 3}} + 0,0021 \cdot \left( -\frac{1}{3} \right) \cdot 1 \end{cases}$$

График изменения риска заболевания хроническим токсическим бронхитом

представлен на рисунке 2. Этот график показывает, что при постоянном уровне экспозиции пылевого фактора, значительно превышающем ПДК (сценарий 3), наблюдается постоянный рост риска, который достигает неприемлемых значений уже через три года трудового стажа. Вместе с тем, значительное превышение ПДК (сценарий 2) не приводит к таким последствиям. Такой эффект вызван снижением риска в дни отдыха (выходные дни).

Для демонстрации возможностей детального анализа риска возникновения профессионального заболеваний предлагаемым способом ниже приведены варианты расчета с более частыми временными шагами.

Временной шаг 1 день характеризуется изменением экспозиции с недельной цикличностью. В этом случае при стандартной трудовой неделе в рабочие дни (понедельник-пятница) среднесуточная концентрация  $K_c = K_{cc} * 0,33$ , в выходные дни (суббота-воскресенье)  $K_c = 0$ . Графически такое задание экспозиции представлено на рисунке 3. При этом динамика установленного риска представляется в виде ломаной (рис. 4). В этом случае сценарий 2 характеризуется небольшим накоплением риска в выходные дни.

На всех указанных графиках представлена динамика показателей, начиная с момента начала трудовой деятельности работника.

Аналогично представляются расчеты для временного шага 1 час (рис. 5 и рис. 6). При этом во время работы среднечасовая экспозиция равна среднесменной  $K_c = K_{cc}$ , а во внерабочее время  $K_c = 0$ .

Так как среднесменная экспозиция постоянна, выполнение расчетов с временным шагом 1 день и 1 час на всем расчетном периоде приведет к результатам, представленным на рис. 2. Это достигается за счет согласования расчетных процедур для различных временных шагов, что позволяет применять единую шкалу для оценки риска.

Таким образом, предлагаемый способ позволяет увеличивать точность расчетов при постоянных и переменных экспозициях пылевого фактора за счет варьирования реальными временными шагами, установленными в зависимости от предлагаемого подхода по изменению среднесменной концентрации, в процессе расчета. При этом точность достигается не только за счет учета особенностей распределения экспозиции пылевого фактора во времени, но и за счет учета эффекта восстановления (снижения риска) в дни отдыха работников.

Таблица 1 - Классификация условий труда известным способом по ГОСТ Р 54578-2011, в зависимости от содержания АПФД в воздухе рабочей зоны и кратности превышения *КПН* реальными пылевыми нагрузками в соответствии с современными данными

Вид аэрозолей	Класс условий труда			
	Допустимый безопасный	Вредный		Опасный
		2	3.1+3.2	
Высоко- и умереннофиброгенные АПФД; пыли, содержащие природные (асбесты, цеолиты) и искусственные (стеклянные, керамические, углеродные и др.) минеральные волокна	1 <i>КПН</i>	От 1,1 <i>КПН</i> до 10 <i>КПН</i>	Свыше 10 <i>КПН</i>	-
Слабофиброгенные АПФД	1 <i>КПН</i>	От 1,1 <i>КПН</i> до 20 <i>КПН</i>	Свыше 20 <i>КПН</i>	-
<p>Высоко- и умереннофиброгенные пыли (<math>K_{cc} \leq 2</math> мг/м ).</p> <p>Слабофиброгенные пыли (<math>K_{cc} &gt; 2</math> мг/м ).</p> <p>Опасность в данном случае определяется не <math>K_{cc}</math>, а возможностью взрывов и пожаров при высоких концентрациях горючих АПФД, особенно органического происхождения.</p>				

#### Формула изобретения

Способ оценки риска возникновения профессионального заболевания, связанного с воздействием пылевого фактора, включающий определение фактической среднесменной концентрации и соответствующей среднесменной предельно допустимой концентрации пылевых веществ в воздухе рабочей зоны, установление интенсивности труда работника и его стажа, определение вероятности развития у работника профессионального заболевания, на основании которой судят о риске возникновения профессионального заболевания, связанного с воздействием пылевого фактора, отличающийся тем, что определение вероятности развития у работника профессионального заболевания выполняют с использованием итерационной процедуры, учитывающей особенности изменения среднесменной концентрации пыли во времени, с временными шагами от 1 года до 1 часа, при этом в случае неизменности среднесменной концентрации пыли в течение всего стажа работы работника временной шаг принимают равным 1 году, при изменении среднесменной концентрации пыли в течение квартала или сезона - времени года, временной шаг принимают равным 1 месяцу, при изменении среднесменной концентрации пыли в течение 1 месяца - 1 неделе, при изменении среднесменной концентрации пыли в течение 1 недели - 1 дню, при изменении среднесменной концентрации пыли в течение смены - 1 часу, вероятность развития у работника профессионального заболевания, связанного с воздействием пылевого фактора определяют по формуле:

$$P_{t+1} = P_t + \beta \left( \frac{q \cdot Kc_t}{ПДК_t} - \frac{1}{3} \right) \cdot C,$$

где  $P_{t+1}$  - вероятность развития профессионального заболевания на временном шаге  $t+1$ ;

$P_t$  - вероятность развития профессионального заболевания на временном шаге  $t$ ; при этом начальный уровень вероятности развития профессионального заболевания, связанного с повреждающим действием пылевого фактора, соответствует нулевому стажу и равен нулю:  $P_0=0$ ;

$\beta$  - коэффициент, характеризующий изменение вероятности заболевания за счет воздействия пыли и зависящий от уровня фиброгенности пыли: для слабофиброгенных пылей  $\beta=0,0021$ , для высоко/умереннофиброгенных пылей  $\beta=0,005$ ;

$K_{ci}$  - средняя концентрация пыли  $i$ -го вещества за период времени, соответствующий временному шагу в зоне дыхания работника,  $\text{мг/м}^3$ , определяемая по формуле:

$$K_{ci} = \frac{\sum_{t=0}^n K_{ti}}{n},$$

где  $K_{ti}$  - концентрация пыли  $i$ -го вещества за  $t$ -й час,  $\text{мг/м}^3$ ;

$n$  - количество часов, соответствующих временному шагу;

$\text{ПДК}_i$  - предельно допустимая концентрация пыли  $i$ -го вещества в зоне дыхания работника,  $\text{мг/м}^3$ ;

$q$  - коэффициент, зависящий от интенсивности труда, отражающий вероятную дозу, пропорционален объему легочной вентиляции за смену и принимаемый равным: 0,4 - для легких работ; 0,7 - для работ средней тяжести; 1 - для тяжелых работ;

$C$  - временной эмпирический коэффициент, соответствующий временному шагу: 1 час - 0,000114; 1 день - 0,00274; 1 неделя - 0,019231; 1 месяц - 0,083333; 1 год - 1;

далее, используя показатель вероятности  $P_t$ , рассчитывают риск  $R_t$  возникновения профессионального заболевания, связанного с воздействием пылевого фактора, по формуле:

$$R_t = P_{t+1} \cdot g,$$

где  $P_{t+1}$  - вероятность развития профессионального заболевания на временном шаге  $t+1$ ;

$g$  - коэффициент тяжести заболевания, принимаемый:  $g=0,4$  для пневмокониоза,  $g=0,5$  для хронических респираторных болезней;

и при значении этого показателя  $R_t$  от 0 до  $1 \times 10^{-3}$  делают вывод о малом, т.е. умеренном, риске развития профессионального заболевания от воздействия пылевого фактора; от  $1 \times 10^{-3}$  до  $1 \times 10^{-2}$  - о среднем, т.е. существенном, риске; от  $1 \times 10^{-2}$  до  $1 \times 10^{-1}$  - о высоком, т.е. непереносимом, риске; от  $1 \times 10^{-1}$  до 1 - об очень высоком, т.е. непереносимом, риске.

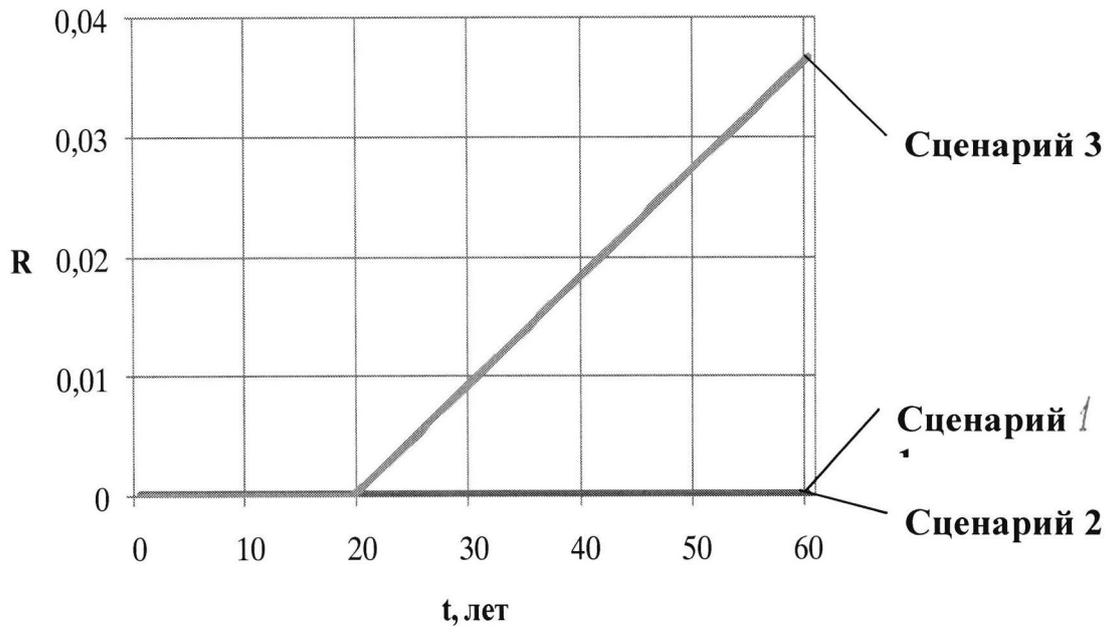


РИС.2

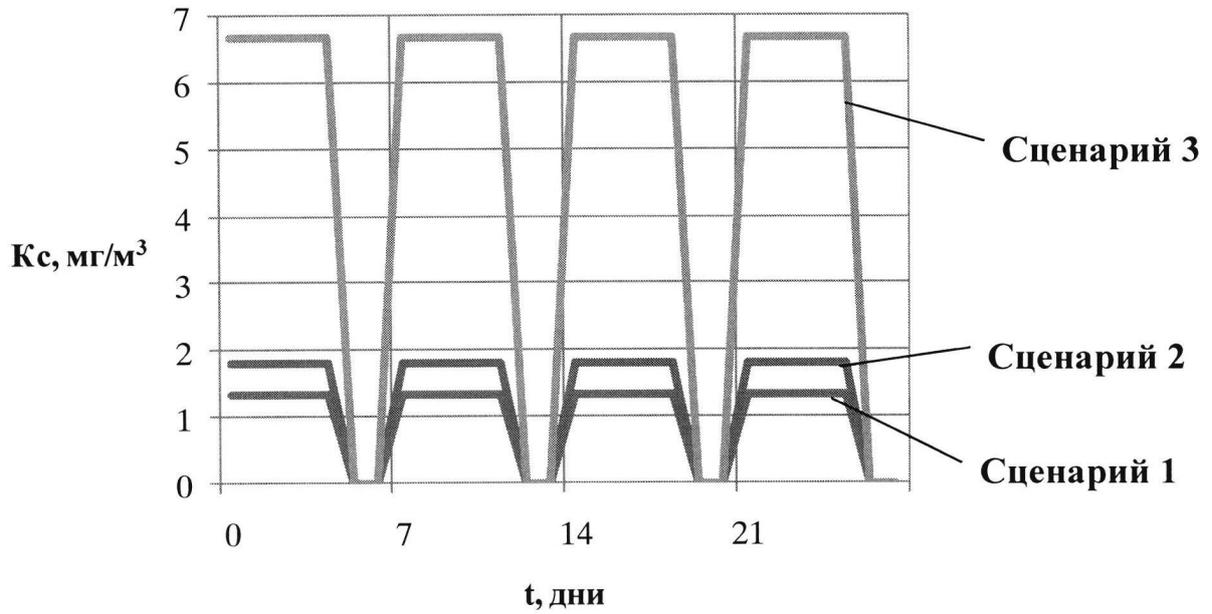


РИС.3

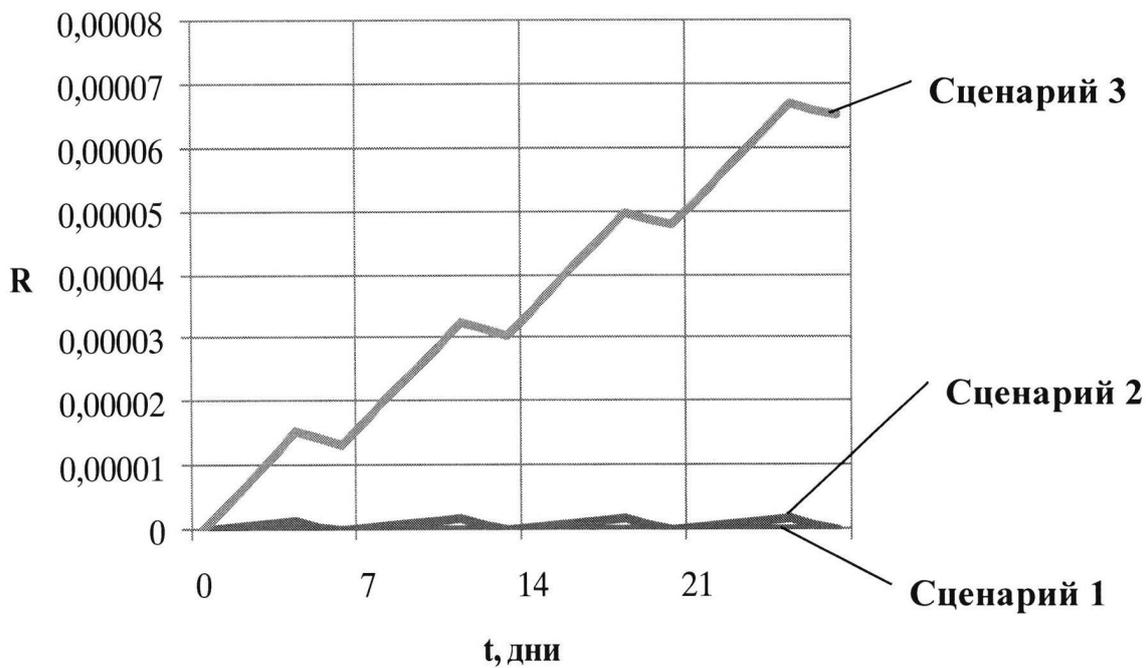


РИС.4

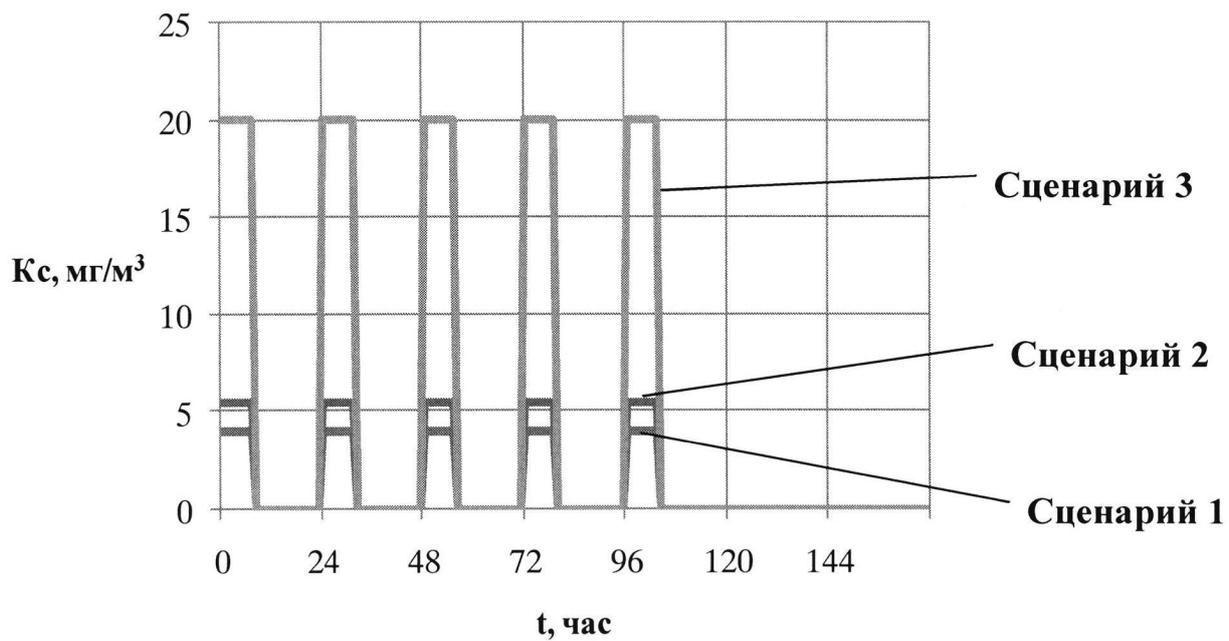


РИС.5

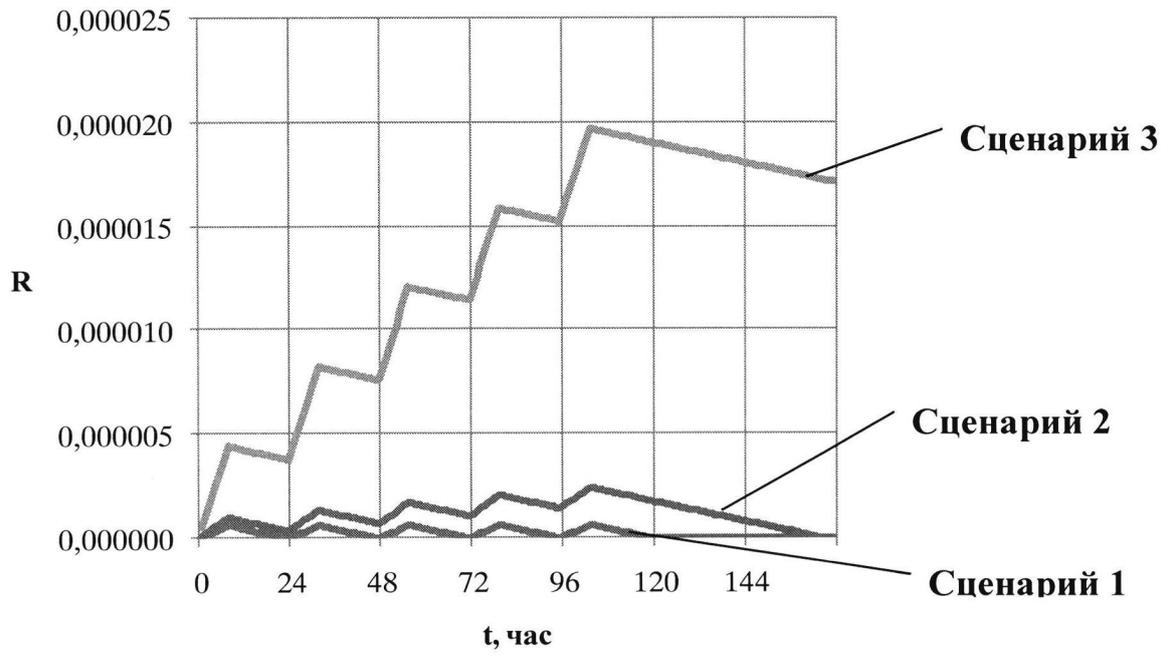


РИС.6