

VLC-технологиялары негізіндегі деректерді таратуының беріктілігінің парадигмасы

¹*АЛИБЕККЫЗЫ Карлыгаш, PhD, аға оқытушы, Karlygash.eleusizova@mail.ru,

²КОШЕКОВ Кайрат Темірбаевич, т.ғ.д., профессор, kkoshekov@mail.ru,

²КЕРИБАЕВА Талшын Бақытжанқызы, магистр, сеньор-лектор, talshyn.keribayeva@agakaz.kz,

¹АҚАЕВ Айбек Мұратбекұлы, PhD, декан, aybek.akaev.vko_81@mail.ru,

¹БАЙДИЛДИНА Айжан Төлеубековна, PhD, аға оқытушы, atj-43@mail.ru,

¹«Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Өскемен, А.К. Протозанов көшесі, 69,

²Азаматтық авиация академиясы, Қазақстан, Алматы, Ахметов көшесі, 44,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. VLC-жүйелерін жобалау мен пайдаланудың жүйелік сапасын жақсарту әдістері қарастырылады. VLC-технологиялары функциялар мен бағдарламалық құралдан тұратын жүйе екені белгілі жай. VLC-жүйесінің негізгі функциясы – LED технологиясына негізделген деректерді беру жолына байланысты ISO/IEC 17025-2000, ISO 5725-2002 стандартына сәйкес метрологиялық қамтамасыз ету маңызды болып табылады. VLC-жүйелері жұмыс режимдерінің тұрақтылығы үшін өте маңызды, режимдер мен жұмыс жағдайларын бақылау құралдарына және жобалау кезінде құрамдас базаның техникалық параметрлерін таңдауға талап етеді. Беріктілікті VLC-жүйесінің жалпы сапасының ажырамас көрсеткіші ретінде қарастыруға болады. Осыны ескере отырып, сенімді парадигма ретінде функционалдық бөлік құрылымдық модельдеу ауқымында оптоэлектрондық VLC ақпарат беру арнасының техникалық шешімдері зерттеледі. Сенімді жүйені қолдаудың метрологиялық құрамдас бөлігі ретінде бақылау және өлшеу процестерінің сапасы қарастырылады. Функционалдық беріктікті сандық бағалау ретінде деректерді беру арнасының сапасын бағалайтын «енгізу» және «шығыс» арасындағы байланыстың бақылау тәуекелдері мен корреляциялық функциясын пайдалану ұсынылады. Бақылау тәуекелдерін бағалау және болжау үшін математикалық және имитациялық модельдер, сондай-ақ қолданбалы бағдарламалық қамтамасыз ету әзірленді.

Кілт сөздер: жүйе, жарықдиодты, фотодиод, беріктік, VLC-технологиялары, сенімділік, қателер, метрология, бағдарламалық қамтамасыз ету, модельдеу модельдері.

Кіріспе. Қазіргі әлемнің ең өткір жаһандық мәселелерінің бірі – адамзатқа төнген басты қауіптердің бірі деп аталатын ол терроризм. Терроризм проблемалары, онымен күресу жолдары барлық деңгейде талқыланады, бірақ бүгінгі күнге дейін бұл зұлымдыққа қарсы тұрудың тиімді жолдары табылған жоқ. Жабық объектілердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселесі ерекше өзекті болып табылады, («критикалық нысандар») адамдар көп жиналатын орта, мысалы, спорт сарайлары, стадиондар және т.б.

VLC (көрінетін жарық байланысы) – технологиясы оптикалық сәулеленудің көрінетін диапазонын (380 нм-ден 780 нм-ге дейін) пайдаланатын сымсыз байланысты білдіреді. Деректерді беру көзі ретінде жарық диодтары (жарық диодтары) пайдаланылады, олар бір уақытта үй-жайларды жарықтандыруға қызмет етеді.

Жүйенің өмірлік циклінің барлық кезеңдеріндегі басқару міндетті түрде басқару процесін қамтамасыз етеді. Бақылау үш операциядан

тұрады – өлшеу, өлшенетін шаманы эталонмен салыстыру және шешім қабылдау. Белгісіздік жағдайында шешім қабылдау, әдетте, осы зерттеу жолында VLC жүйесінің сенімділік көрсеткіштеріне де жатқызылуы мүмкін тәуекелдермен бірге жүреді. Жоғарыда айтылғандардың негізінде осы мәселенің өзектілігі мен зерттеу мақсаты туралы қорытынды жасалады.

Материалдар мен тәсілдер. Белгісіздік жағдайында бақылау нәтижелерін ықтималдық модельдеу.

Одан әрі негіздей отырып, біз басқарылатын $f(S)$ параметрінің статистикалық таралулары және $j(y)$ кездейсоқ қателігі Гаусс заңдарына бағынады деген гипотезаны қарастырамыз. Бақыланатын параметр мен қатенің (белгісіздік) таралу тығыздығының функциялары келесі түрде болады:

$$f(S) = \frac{1}{\sigma_S \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(S_i - S_0)^2}{2\sigma_S^2}}, \phi(Y) = \frac{1}{\sigma_\phi \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{Y^2}{2\sigma_\phi^2}}, \quad (1)$$

мұндағы S_{av} – бақыланатын параметрдің орташа

мәні; σ_s , σ_j – бақыланатын параметрдің таралу тығыздығы функцияларының орташа квадраттық ауытқулары және өлшеу қателігі. Стандарттың салмағы бар ұсыныстарға сәйкес белгісіздіктер (A түрі) стандартты ауытқулар мәнімен өлшенеді [1, 2, 3, 4].

Оқиғаны A деп атасақ – S параметрінің мәні S_i диапазонында болатын жағдай $S_i + 1$, ал B оқиғасы $S_{\text{олш}}$ (құралдың көрсеткіші) S_T параметрінің шекті мәнінен төмен болған жағдайда, жалған ақау деп аталатын оқиға орын алады. Математикалық тұрғыдан бұл ықтималдық оқиғалар келесідей өрнектеледі:

$$P_i(A) = \int_{S_i}^{S_{i+1}} f(S) dS, \quad P_i(B) = \int_{-\infty}^{S_i - S_H} \phi(Y) dY. \quad (2)$$

Содан кейін $P_{\text{жа}}$ есептеудің соңғы формуласы келесідей болады:

$$P_{\text{жа}} = \sum_{t=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_i}^{t_{i+1}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_i} e^{-\frac{z^2}{2}} dz. \quad (3)$$

Раа анықталмаған ақау ықтималдығын бағалауға арналған өрнек келесі пішінге ие:

$$P_{\text{аа}} = \sum_{t=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_i}^{t_{i+1}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{z_i}^{+\infty} e^{-\frac{z^2}{2}} dz. \quad (4)$$

t параметрі S интегралдау айнымалысын $t = (S_i - S_{\text{ав}})/\sigma_s$ мәніне ауыстыру арқылы алынады. Y айнымалысы үшін ұқсас айнымалы ауыстыру орындалады. Осылайша, (3) және (4) аналитикалық модельдер $P_{\text{жа}}$ және $P_{\text{аа}}$ тәуекелдер деңгейіне бақылау жүйесінің барлық статистикалық сипаттамаларының әсерін сандық бағалауға және зерттеуге мүмкіндік береді. Мәселе бір уақытта төменнен және жоғарыдан параметрдің рұқсат ету шегінің жағдайы үшін ұқсас жолмен шешіледі. Төзімділік шегінің математикалық модельдерінде орташа басқарылатын параметрге қатысты төменгі S_T және жоғарғы $S_{\text{ж}}$ симметриялы болу фактісінен тұратын шарт қойылды. Алайда іс жүзінде бұл шарт әрқашан орындала бермейді. Сондықтан, бақыланатын параметрдің орташа мәніне қатысты және бақыланатын параметрдің таралу функциясы Вейбулл заңына бағынатын кезде стандарттарды ерікті позициялау гипотезасын қарастыру орынды деп саналады, бұл әзірленген модельдің практикалық қолдану аясын айтарлықтай кеңейтеді әмбебаптық аймағында болады. Әмбебаптық Вейбулл заңының қасиеттерімен қамтамасыз етіледі. Сенімділік теориясы бойынша зерттеулерде Вейбулл заңы барлық статистиканың шамамен 60%-ын құрайтыны анықталды [5, 6]. Сондай-ақ, көптеген заңдарды Вейбулл заңының ерекше жағдайлары ретінде кейбір жуықтауда қарастыруға болады. Бұл қасиет $b = 0,5$ -те экспоненциалды заңға жуықтайтын, $b = 2,5$ -те Рэлей заңына жуықтайтын және $b = 3,25$ -те Вейбулл таралу пішініне жуықтайтын b пішін

параметрімен қамтамасыз етіледі.

$$f(S, \alpha, \beta, \gamma) = \frac{\beta}{\alpha} (S - \gamma)^{\beta-1} \cdot e^{-\frac{(S-\gamma)\beta}{\alpha}}, \quad S \geq \gamma, \quad (5)$$

мұндағы α – масштаб параметрі, b – пішін параметрі, g – позиция параметрі.

1-суретте қажетті үлгілердің дамуын түсіндіретін графикалық диаграмма көрсетілген.

S параметрінің шын мәні S_T -ден үлкен, бірақ $S_{\text{ж}}$ -ден кіші болған жағдайды зерттейміз. S_T және $S_{\text{ж}}$ шекті мәндері зерттеушінің қалауы бойынша ерікті түрде тағайындалуы мүмкін. Вейбулл заңының қалыпты заңнан айырмашылығы интегралдық функцияның аналитикалық формасы бар.

$$F(S) = 1 - e^{-\frac{(S-\gamma)\beta}{\alpha}}. \quad (6)$$

Вейбулл заңының $F(S)$ интегралдық функциясын пайдалана отырып, соңғы түрде $P_{\text{жа}}$ ықтималдығын есептеу өрнегін аламыз.

$$P_{\text{жа}} = \sum_{i=1}^k \left(e^{-\frac{S_i}{\alpha}} - e^{-\frac{S_{i+1}}{\alpha}} \right) \cdot \left[\frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \int_{S_i}^{S_i-3\sigma_y} e^{-\frac{y^2}{2}} dy + \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \int_{S_{\text{ж}}}^{S_i+3\sigma_y} e^{-\frac{y^2}{2}} dy \right]. \quad (7)$$

$P_{\text{аа}}$ өрнегі келесі екі компонентпен көрсетіледі:

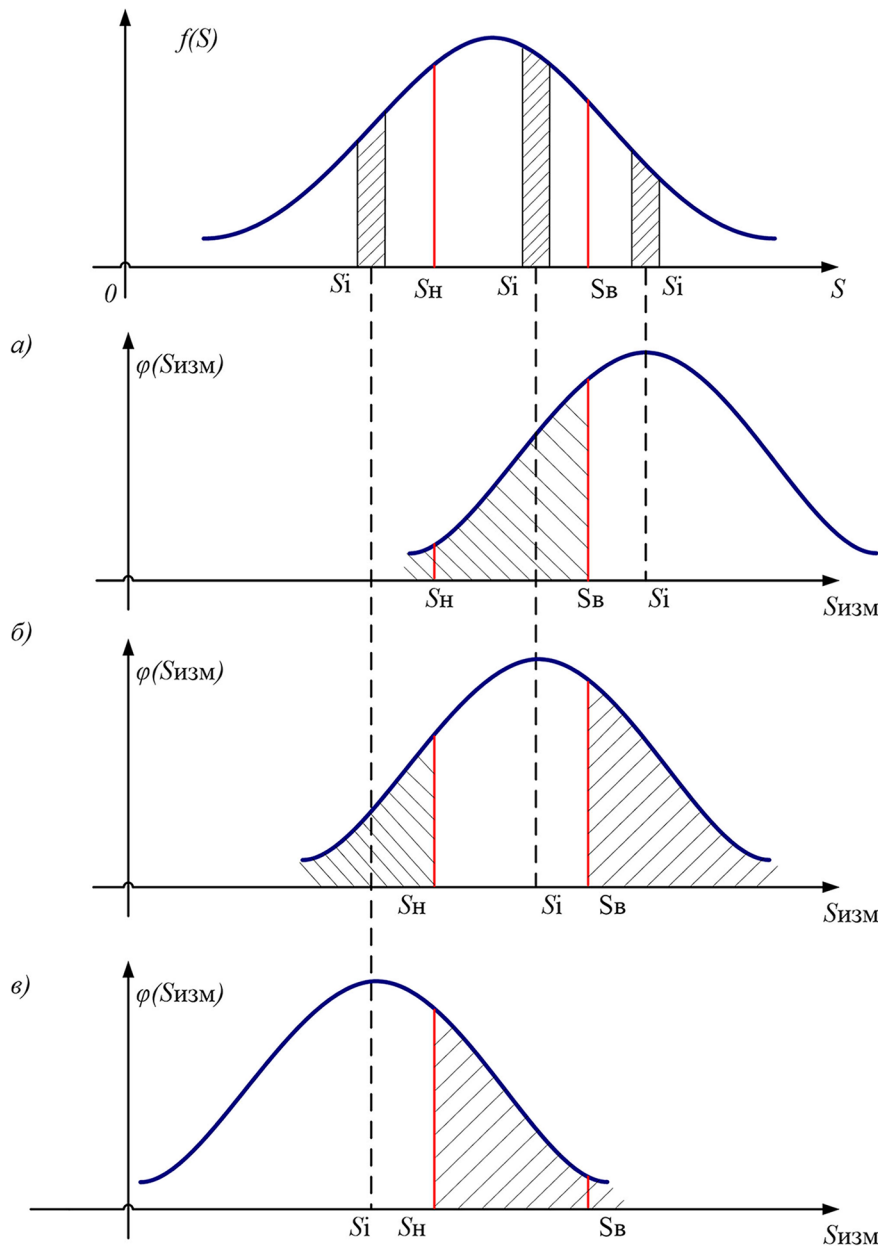
$$P_{\text{аа}} = \sum_{i=1}^k \left(e^{-\frac{S_i}{\alpha}} - e^{-\frac{S_{i+1}}{\alpha}} \right) \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \int_{S_i}^{S_i-3\sigma_y} e^{-\frac{y^2}{2}} dy + \sum_{i=1}^k \left(e^{-\frac{S_i}{\alpha}} - e^{-\frac{S_{i+1}}{\alpha}} \right) \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \int_{S_{\text{ж}}}^{S_i+3\sigma_y} e^{-\frac{y^2}{2}} dy. \quad (8)$$

Жоғарыда аталған шарттарға сәйкес төзімділік мәндері детерминирленген шамалар ретінде қарастырылды. Дегенмен, көптеген себептерге байланысты стандарттар айтарлықтай дәрежеде белгісіздікке ие болады. Бұл факт адам өмірінің барлық салаларындағы сан алуан мысалдармен жүйелі түрде расталады [7, 8]. Р әрбір жеке салада оңтайлы стандарттарды әзірлеу қазіргі уақытта өзінің маңыздылығын жоғалтып қана қоймай, одан да өзекті бола түскен аса маңызды ғылыми-техникалық мәселелер қатарына қосылды. Өйткені жобалау тәжірибесіне жаңа және нашар зерттелген принциптер мен технологиялар енгізілді. Сондықтан стандарттардың статистикалық белгісіздігі жағдайында бақылау қателерін сандық бағалау өте өзекті болады. Төзімділікті шектеу жағдайы қарастырылады. Сонымен қатар кездейсоқ қатенің таралу заңдары, бақыланады. Параметрлер мен стандарттар қалыпты деп саналады. Жоғарғы және төменгі стандартты мәндердің таралу тығыздығының функциялары пішінге ие болсын делік:

$$\Theta_1(S_T) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_T} e^{-\frac{(S_T - S_{\text{норм}})^2}{2\sigma_T^2}}, \quad (9)$$

$$\Theta_2(S_{\text{ж}}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_{\text{ж}}} e^{-\frac{(S_{\text{ж}} - S_{\text{норм}})^2}{2\sigma_{\text{ж}}^2}},$$

мұндағы S_T , $S_{\text{ж}}$ – төменгі және жоғарғы стандарт



1-сурет – Бақыланатын параметр өрісінде стандарттарды ерікті түрде орналастыру арқылы басқару қателерін қалыптастыру

мәндерінің стандартты ауытқулары; $S_{жорт}$, $S_{торг}$ – төменгі және жоғарғы стандарттардың орташа мәндері.

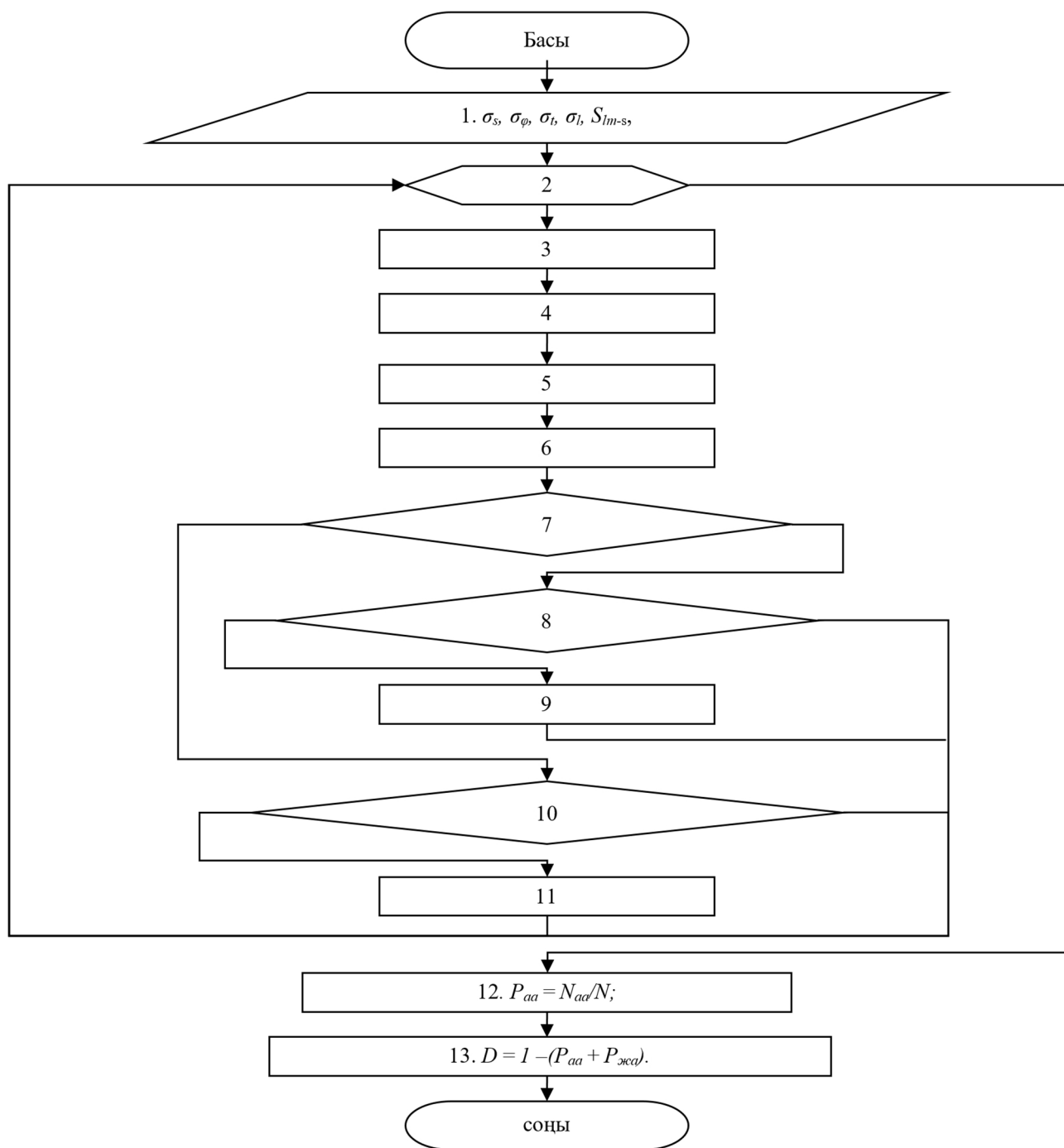
Мәселені осы тұжырымдау арқылы барлық статистикалық агенттердің функциясында $P_{жа}$ және $P_{аа}$ қателерінің динамикасын имитациялау үшін модельдеу әдісін таңдау керек [9].

Объектінің жай-күйін шартты S параметрі бойынша бақылау сәтінде бұл параметрдің шынайы ток мәні S_i болады деп болжанады, ол модельдеу моделінде сәйкес арнайы генераторлық бағдарламамен құрылатын («ойнатын») болады. Бұл мысалдағы барлық таралу заңдары қалыпты деп есептеледі. Нақты практикалық жағдайда модельдің әрбір параметрі үшін таралу заңдары эксперименталды түрде табылады және әрбір заң үшін кездейсоқ сандар генераторы үшін

сәйкес бағдарлама жасау қажет. Өлшеу кездейсоқ қателікпен бірге жүреді және $S_{өлш}$ нәтижесі S_i шын мәнінен кездейсоқ ауытқиды.

Модельдеу алгоритмі 2-суретте көрсетілген. Алгоритм келесідей жұмыс істейді. Алгоритм бағдарламасының басында 1-блокта модельдің барлық аргументтері және модельдеу циклдерінің санын анықтайтын N мәні енгізіледі.

Модельдеу моделінде $f(s)$ бұрынғыдай басқарылатын параметрдің таралу тығыздығының функциясы болып табылады. $\Theta 1(Sn)$ – төменгі стандарттың таралу тығыздығы. $S_{орт}$ орташа мәні төменгі стандарттың белгісіздік (шашырау) аймағының орталығы болып табылады. Сол сияқты, $S_{орт}$ -н орташа мәні жоғарғы стандарттың вариация диапазонының орталығы болып табылады. Әрбір модельдеу циклі кезінде бірінші қадам $S_{т}$



2-сурет – Стандартты мәндердің белгісіздігі жағдайында бақылау тәуекелдерін бағалаудың модельдеу алгоритмі

және $S_{iж}$ қолданыстағы стандарттарының мәндерін «ойнау» болып табылады.

2-блокта 1-ден N -ге дейінгі цикл ашылады. Әрбір модельдеу циклі кезінде бірінші қадам S_{it} және $S_{iж}$ ағымдағы стандарттарының мәндерін «ойнату» болып табылады. Бұл мәндер 3, 4 блоктарында құрылады. 5, 6 блоктарда S_i параметрінің кездейсоқ мәндері және $S_{iөлш}$ «өлшенген» мәні («ойнатылған») жасалады.

7-блокта IF (тармақталу) $S_{it} < S_i > S_{iж}$ логикалық шарты бар. Егер $S_{it} < S_i > S_{iж}$ шарты бойынша S_i мәні төзімділік шегінде болса (шарт ақиқат – ИӘ), онда

енді $S_{in} < S_{iөлш} > S_{iж}$ өлшеу нәтижесін талдау шарты (8 блок) және жағдайда ИӘ – дұрыс нәтиже, бақылау 2-ші блок ұйымға беріледі. Егер 8-блокта шарт жалған болса – ЖОҚ, онда қате орын алды – жалған ақау, 9-блокта осы жағдайлардың есептегіші іске қосылады және қайта оралу келесі циклдің басы 2 блок орын алады. Егер 7 блокта шарт жалған болса – ЖОҚ болса, онда 10 блокта $S_{it} < S_{iөлш} > S_{рж}$ шартын талдау және нәтиже дұрыс болса, басқару блокқа ауысады. Жаңа циклдің басталуы (2-блок), әйтпесе (ЖОҚ), анықталмаған ақаудың қатесі пайда болады және 11-блокта $N_{жа}$

санағышы іске қосылады және 2-блокта жаңа цикл басталады.

N -ге тең модельдеулердің берілген саны аяқталғаннан кейін 12-блокта формулалар (ықтимал бақылау қателері) бойынша жалған және анықталмаған ақаулардың ықтималдықтары есептеледі.

$$P_{жа} = \frac{N_{жа}}{N}, \quad P_{аа} = \frac{N_{аа}}{N}, \quad (10)$$

мұндағы $N_{жа}$ – жалған қабылдау есептегішінің мазмұны; $N_{аа}$ – анықталмаған қабылдаулардың есептегішінің мазмұны; N – модельдеу қайталауларының жалпы саны.

13-блокта басқару сенімділігінің интегралды көрсеткіші – D .

$D = 1 - (P_{жа} + P_{аа})$ формуласы бойынша есептеледі.

Ұқсас есептеулерді тарату заңдарының әр түрлі комбинациялары үшін жасауға болады және модельдеу агенттерінің таралу заңдарының бақылау тәуекелдеріне әсер ету дәрежесін салыстыруға болады.

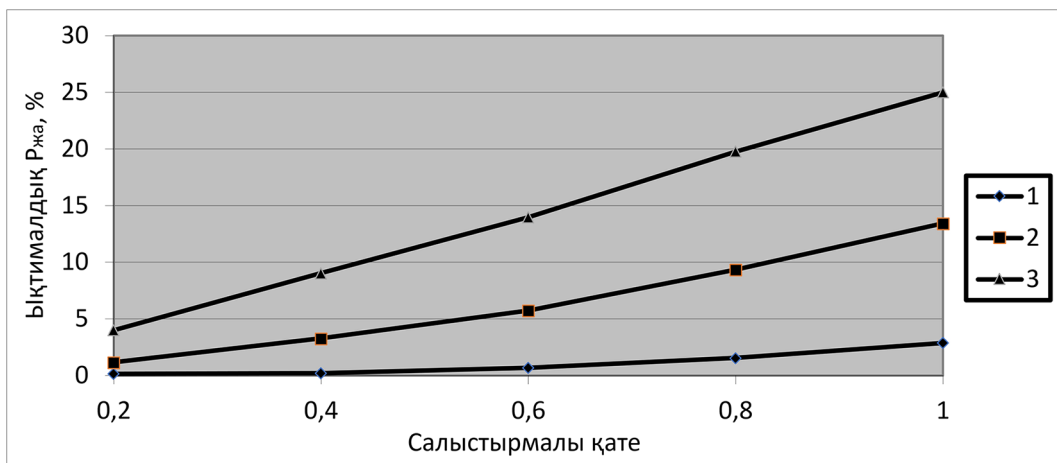
Компьютерлік тәжірибенің нәтижелері гра-

фикалық түрде 3 және 4-суреттерде көрсетілген.

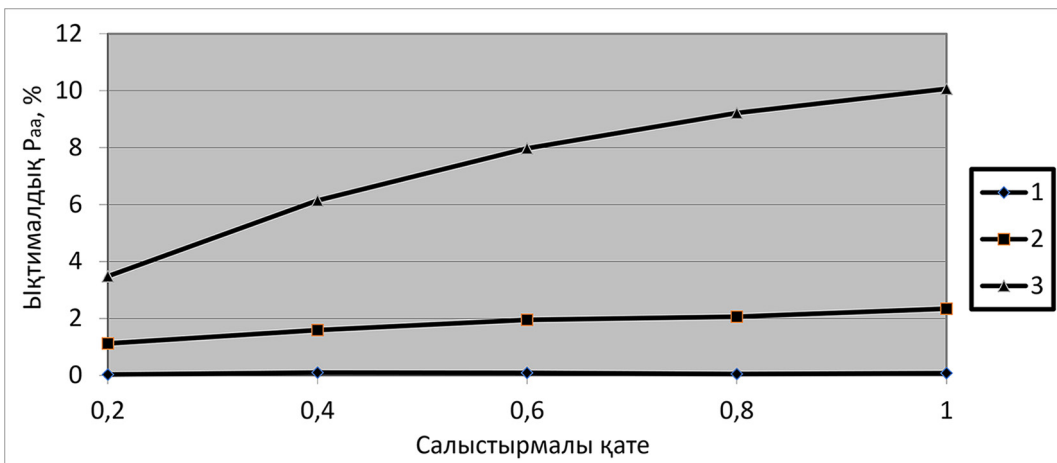
VLC жүйелерінің сапасының аспаптық бақылауын бағдарламамен қамтамасыз ету. Басқару жүйесінің сапасын сандық бағалауға және болжауға арналған модельдер, егер олардың бағдарламалық қамтамасыз етуді енгізу бар болса, нақты тәжірибеде технологиялық тиімді және экономикалық негізделген болады. Төменде қолданбалы бағдарламалық құрал бумасы бар жұмыс диалогының кейбір экрандық көшірмелері берілген.

Бағдарламалық ортаны іске қосқаннан кейін пайдаланушы өзінің негізгі терезесін ашады, онда барлық жұмыс орындалады. Бағдарлама модельдерді жан-жақты немесе іріктеп зерттеу мүмкіндігін ұсынады.

Модельдерді зерделеудің келесі нұсқалары мүмкін: есептеу нәтижелерін тегіс және 3D құрастыруда графикалық интерпретацияны шығару арқылы модельдің барлық параметрлерін кешенді зерттеу; реттеушілік белгісіздік әсерін зерттеу; өлшем белгісіздігінің әсерін зерттеу; реттеу белгісіздігінің әсерін зерттеу. Стандарттардағы



3-сурет – Детерминированные стандарты для машины моделирования (P_{жа} ықтималдығы)



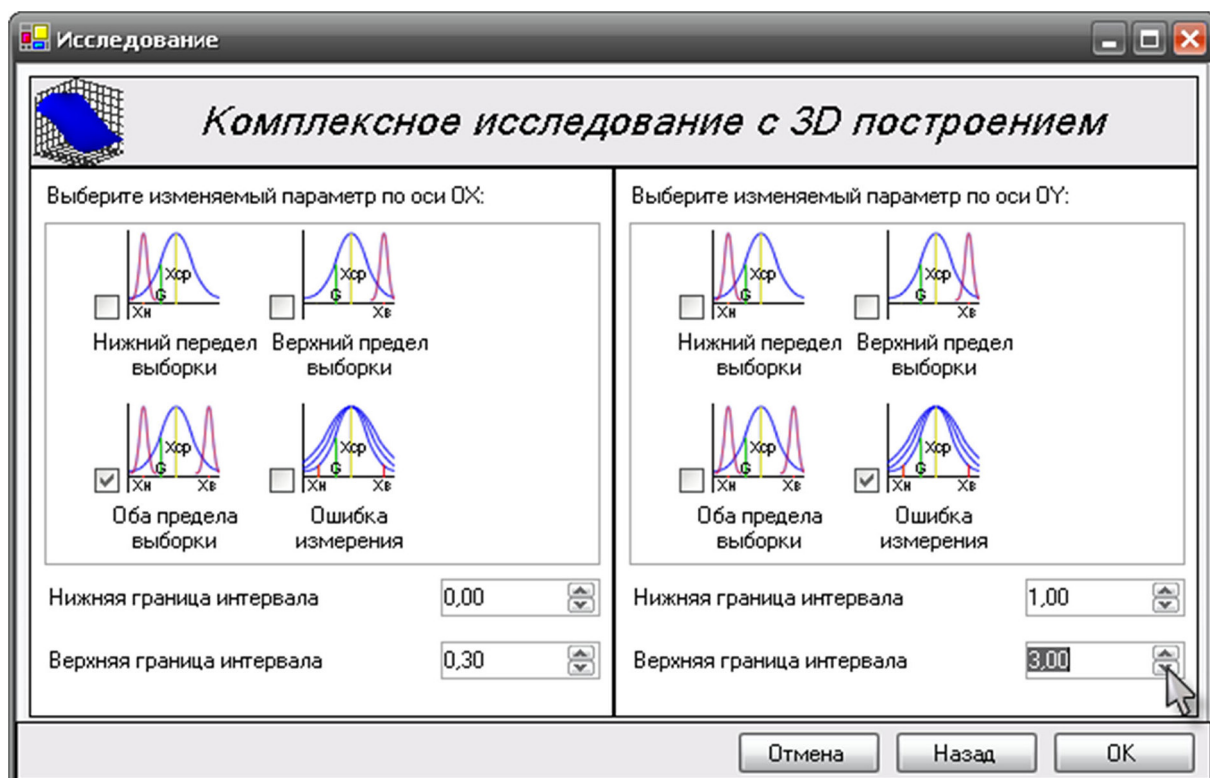
4-сурет – Детерминированные стандарты для машины моделирования (P_{аа} ықтималдығы) [10]

ауытқуларды, өлшеу және реттеу қателіктерін зерттеу алгоритмдері негізінен бірдей. 6-суреттен көрініп тұрғандай, эталондардың әсерін зерттеу үшін олардың қайсысын немесе екеуін бір мезгіл-

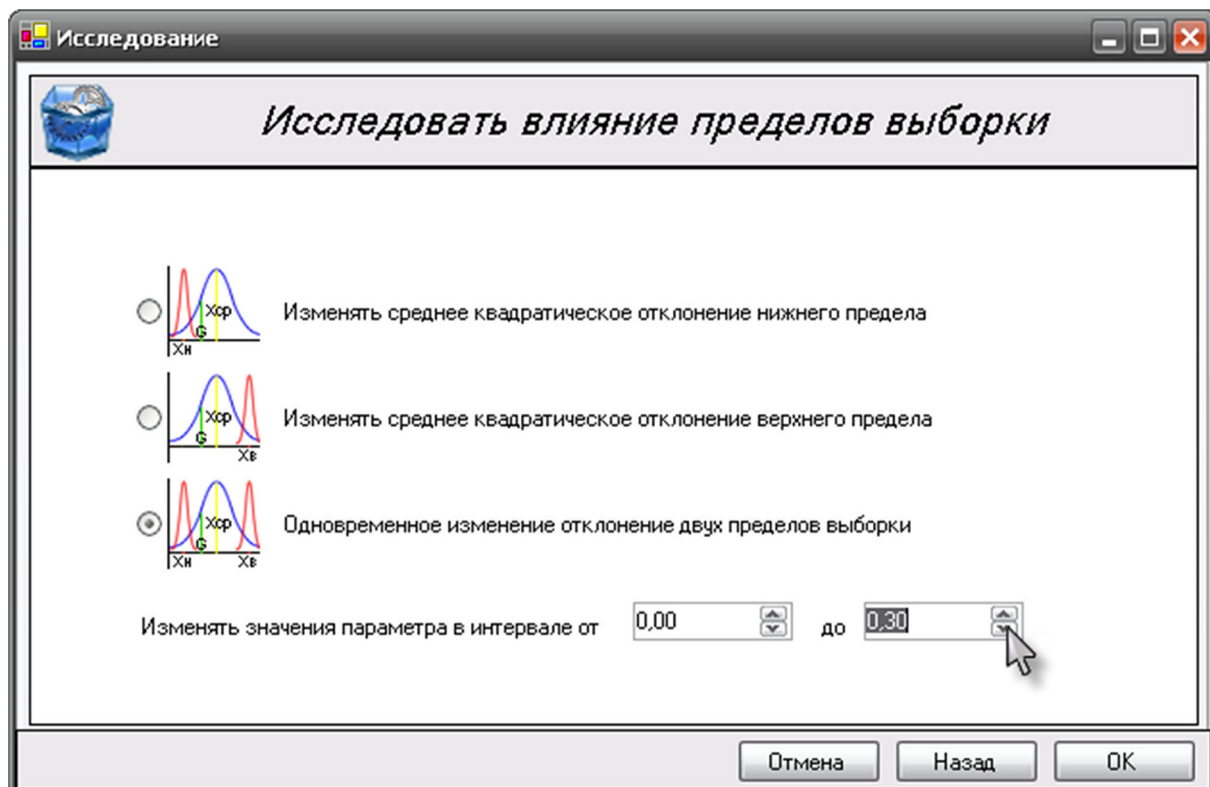
де зерттеу керек екенін көрсету қажет.

Өлшеу белгісіздіктерінің әсерін зерттеуге арналған терезенің көрінісі 7-суретте көрсетілген.

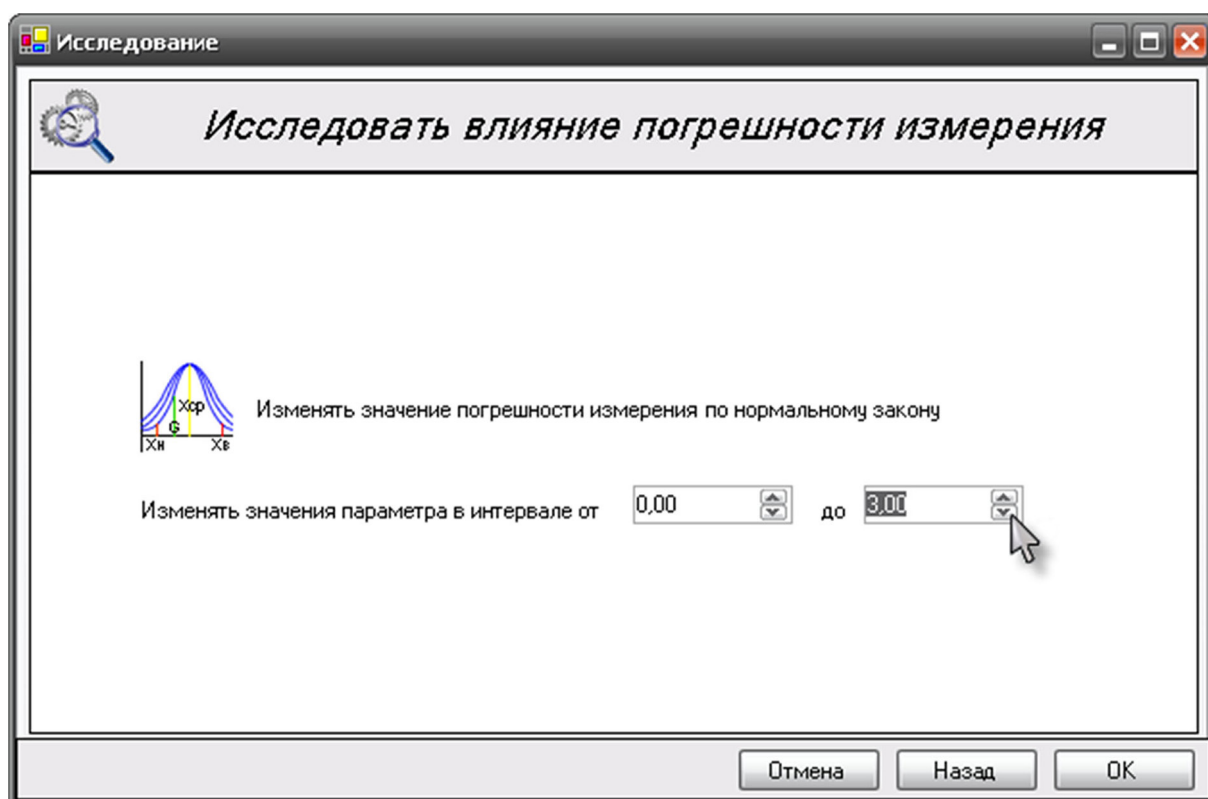
Бағдарламалық пакет VLC жүйелерінің ком-



5-сурет – Кешенді зерттеудің параметрлерін орнату



6-сурет – Стандартты ауытқуларды зерттеу



7-сурет – Өлшеу қателігінің әсерін зерттеу

пьютерлік дизайн жүйесінің бөлігі болып табылады. Бұл кешен басқа жұмыс істейтін зерттеу құралдарымен диалогтық байланысты қамтамасыз етеді, мысалы, статистикалық ақпаратты өңдеудің STATISTICA кешенімен тексеріледі.

Қорытынды. Жұмыстың жалпы нәтижесі техникалық саясаттағы басқару процестерінің метрологиялық сенімділігі, жобалау жүйесінің әдістемесі, сондай-ақ оптоэлектронды технологиялар негізінде деректерді беру жүйелерінің метрологиялық сенімділігі (беріктілігі) түріндегі сенімділікті бақылау теориясын одан әрі дамыту болып табылады.

VLC жүйелерін жобалау және пайдалану кезіндегі аспаптық бақылау нәтижелерінің статистикалық сенімділігі басқарылатын параметрлердің таралу заңдарының, өлшеу қателіктерінің таралу заңының және стандартты шамалардың таралу заңының құрамы болып табылатыны анықталды. Интегралды шартты сенімді бағалау ретінде бақылау тәуекелдері мен «кіріс» және

«шығыс» корреляция коэффициенті қызмет ете алады. Ақпаратты таратудың оптоэлектрондық арнасында ақпаратты түрлендірудің жекелеген кезеңдеріндегі бақылау сапасын сараланған бағалау арқылы тәуекелдер деңгейін сандық түрде анықтайтын сенімділікті алуға болады.

Ақпаратты таратудың оптоэлектрондық арнасында ақпаратты түрлендірудің жекелеген кезеңдеріндегі бақылау сапасын сараланған бағалау арқылы бақылау-өлшеу жабдығының дәлдік параметрлерінің функциясы болып табылатын тәуекелдер деңгейін сандық түрде анықтайтын сенімділікті алуға болады.

VLC жүйесінің сипаттамаларын зерттеу жеке буындар үшін де, бүкіл оптоэлектрондық арна үшін де жүргізілуі керек. Арнаны зерттеу звенолар арқылы сараланды. Беріктіліктің интегралды көрсеткіші ретінде микрофонның кіріс электрлік сигналы мен шығыс сигналы – модуляцияланған жарық ағыны арасындағы корреляциялық $R_{\text{орт}}$ коэффициентін пайдаланған.

Мақала Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің 2022-2024 жылдарға арналған «Жас Ғалым» жобасы бойынша докторантурадан кейінгі жас ғалымдардың іргелі және қолданбалы ғылыми зерттеулерін гранттық қаржыландыру жобасы аясында жүзеге асырылды. ЖРН: AP14972524 – «Ұшқышсыз көліктерді басқарудағы VLC-технологияларын әзірлеу».

1. ГОСТ РК ИСО/МЭК 17025-2000 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» / Астана: ИПК. Издательство стандартов, 2001. 24 с.
2. Рекомендации по метрологии Р 50.2.028-2003. Алгоритмы построения градуировочных характеристик средств измерений состава веществ и материалов и оценивание их погрешностей (неопределенностей). Астана: ИПК. Издательство стандартов, 2003.
3. Рекомендации по метрологии Р 50.2.038-2004. Измерения однократные прямые. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений. Астана: ИПК. Издательство стандартов, 2004.
4. skomplekt.com/infrakrasnye-okna-...
5. Липкин И.А. Статистическая радиотехника. Теория информации и кодирования. – М.: Вузовская книга, 2002. – 216 с.
6. Корнев В.А., Макенов А.А. Современные методы моделирования процессов принятия решений в системах управления: монография. – Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГУ им. С. Аманжолова, 2008.
7. Chowdhury M., Shahjalal Md., Hasan M., Jang Y. The Role of Optical Wireless Communication Technologies in 5G/6G and IoT Solutions: Prospects, Directions, and Challenges // Applied Sciences. – 2019.
8. A.J.C. Moreira, R.T. Valadas, A.M. de Oliveira Duarte, «Optical interference produced by artificial light», Wireless Net., vol. 3, pp. 131-140, 1997.
9. https://webzham.ru/blog/kak_tekhnologija_povlijaet/2019-09-10-1214/LI-Fi.
10. Shubham Chatterjee, Shalabh Agarwal, Asoke Nath Scope and Challenges in Light Fidelity (LiFi) Technology in Wireless Data Communication International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE) ISSN: 2349-2163 Issue 6, Volume 2 (June 2015).

Робастная парадигма передачи данных на базе VLC-технологий

^{1*}**АЛИБЕККЫЗЫ Карлыгаш**, PhD, старший преподаватель, Karlygash.eleusizova@mail.ru,

²**КОШЕКОВ Кайрат Темирбаевич**, д.т.н., профессор, kkoshekov@mail.ru,

²**КЕРИБАЕВА Талшын Бақытжанқызы**, магистр, сеньор-лектор, talshyn.keribayeva@agakaz.kz,

¹**АҚАЕВ Айбек Муратбекович**, PhD, декан, aybek.akaev.vko_81@mail.ru,

¹**БАЙДИЛДИНА Айжан Толеубековна**, PhD, старший преподаватель, atj-43@mail.ru,

¹НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева», Казахстан, Усть-Каменогорск, ул. А.К. Протозанова, 69,

²Академия гражданской авиации, Казахстан, Алматы, ул. Ахметова, 44,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Рассматриваются методы повышения системного качества проектирования и эксплуатации VLC-систем. VLC-технологии представляют систему, состоящую из функций и обеспечения. Основная функция VLC-системы – передача данных на базе LED-технологий. Согласно ИСО/МЭК 17025-2000, ИСО 5725-2002 – ключевое значение придается метрологическому обеспечению. VLC-системы особенно критичны к стабильности режимов функционирования, требовательны к средствам контроля режимов и условий эксплуатации, к выбору технических параметров компонентной базы при проектировании. Интегральным показателем общего качества VLC-системы можно считать робастность. С учетом этого, в качестве робастной парадигмы исследуется функциональная часть, в объеме структурного моделирования, на примере оптоэлектронного канала передачи VLC информации, включая некоторые технические решения, и качество контрольно-измерительных процессов как метрологическую составляющую робастного системного обеспечения. В качестве количественной оценки функциональной робастности предлагается использовать риски контроля и корреляционную функцию связи «входа» с «выходом», что оценивает качество канала передачи данных. Для оценки и прогнозирования рисков контроля разработаны математические и имитационные модели, а также прикладное программное обеспечение.

Ключевые слова: система, светодиод, фотодиод, робастность, VLC-технологии, достоверность, ошибки, метрология, математическое обеспечение, имитационные модели.

Robust Data Transfer Paradigm Based on VLC Technologies

^{1*}**ALIBEK KYZY Karlygash**, PhD, Senior Lecturer, Karlygash.eleusizova@mail.ru,

²**KOSHEKOV Kairat**, Dr. of Tech. Sci., Professor, kkoshekov@mail.ru,

²**KERIBAYEVA Talshyn**, Master, Senior Lecturer, talshyn.keribayeva@agakaz.kz,

¹**AKAYEV Aibek**, PhD, Dean, aybek.akaev.vko_81@mail.ru,

¹**BAIDILDINA Aizhan**, PhD, Senior Lecturer, atj-43@mail.ru,

¹NCJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University», Kazakhstan, Oskemen, A.K. Protozanov Street, 69,

²Civil Aviation Academy, Kazakhstan, Almaty, Akhmetov Street, 44,

*corresponding author.

Abstract. *Methods for improving the system quality of VLC systems design and operation are considered. VLC technologies represent a system that consists of functions and software. The main function of the VLC system is data transmission based on LED technologies. According to ISO/IEC 17025-2000, ISO 5725-2002 the main importance is given to metrological support. VLC systems are particularly critical to the stability of operating modes, they are demanding to control modes and operating conditions, to choose the technical parameters of the component base during design. Robustness can be considered an integral indicator of the overall quality of the VLC system. Taking this into account, as a robust paradigm, we study its functional part, in the scope of structural modeling, using the example of an optoelectronic channel for VLC information transmission, including some technical solutions, and the quality of control and measuring processes as a metrological component of robust system support. As a quantitative assessment of functional robustness, it is proposed to use control risks and the correlation function of the connection between «input» and «output», which evaluates the quality of the data transmission channel. Mathematical and simulation models, as well as application software, were developed to assess and predict control risks.*

Keywords: *system, LED, photodiode, robustness, VLC technologies, reliability, errors, metrology, software, simulation models.*

REFERENCES

1. GOST RK ISO/MJEK 17025-2000 «Obshhie trebovaniya k kompetentnosti ispytatel'nyh i kalibrovочnyh laboratorij» / Astana: IPK. Publ. standartov, 2001. 24 p.
2. Rekomendacii po metrologii R 50.2.028-2003. Algoritmy postroenija graduировочnyh harakteristik sredstv izmerenij sostava veshhestv i materialov i ocenivanie ih pogreshnostej (neopredelennostej). Astana: IPK. Publ. standartov, 2003.
3. Rekomendacii po metrologii R 50.2.038-2004. Izmerenija odnokratnye prjamyje. Ocenivanie pogreshnostej i neopredelennosti rezul'tata izmerenij. Astana: IPK. Publ. standartov, 2004.
4. skomplekt.com/infrakrasnye-okna-...
5. Lipkin I.A. Statisticheskaja radiotekhnika. Teorija informacii i kodirovanija. – Moscow: Vuzovskaja kniga, 2002. – 216 p.
6. Kornev V.A., Makenov A.A. Sovremennye metody modelirovanija processov prinjatija reshenij v sistemah upravlenija: monografija. – Ust'-Kamenogorsk: Publ.VKGU im. S. Amanzholova, 2008.
7. Chowdhury M., Shahjalal Md., Hasan M., Jang Y. The Role of Optical Wireless Communication Technologies in 5G/6G and IoT Solutions: Prospects, Directions, and Challenges // Applied Sciences. – 2019.
8. A.J.C. Moreira, R.T. Valadas, A.M. de Oliveira Duarte, «Optical interference produced by artificial light», Wireless Net., vol. 3, pp. 131-140, 1997.
9. https://webznam.ru/blog/kak_tekhnologija_povlijaet/2019-09-10-1214/LI-FI.
10. Shubham Chatterjee, Shalabh Agarwal, Asoke Nath Scope and Challenges in Light Fidelity(LiFi) Technology in Wireless Data Communication International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE) ISSN: 2349-2163 Issue 6, Volume 2 (June 2015).