

FTAMP 65.65.29 : 65.65.03

А.Е. Отуншиева¹ – негізгі автор, ©
С.А. Болегенова², С.С. Ветохин³,
А.Н. Никитенко⁴, Ж.К. Шортанбаева⁵



¹Докторант, ²Физ.-мат. ғылым. д-ры, профессор,

³Физ.-мат. ғылым. канд., профессор, ⁴Техн. ғылым. канд., доцент,

⁵Аға оқытушы

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0002-5446-0227> ²<https://orcid.org/0000-0001-5001-7773>

³<https://orcid.org/0000-0002-8613-731X> ⁴<https://orcid.org/0000-0003-0915-3831>

⁵<https://orcid.org/0000-0002-1148-6865>



^{1,2,5}Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан



^{3,4}Беларусь мемлекеттік технологиялық университеті,

Минск, Беларусь Республикасы



¹03.08.1990.43@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/YTDR9845>

«ШЫМКЕНТМАЙ» АҚ МЫСАЛЫНДА ҚЫШҚЫЛДЫҚ САНЫ КӨРСЕТКІШІ БОЙЫНША МАҚТА МАЙЫН ӨНДІРУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСІН СТАТИСТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Бұл мақалада «Шымкентмай» АҚ кәсіпорнында мақта майын өндірудің технологиялық процесінің тұрақтылығын бағалау үшін жүргізілген статистикалық модельдеу нәтижелері берілген. Зерттеудің негізгі объектісі ретінде өсімдік майының сапасы мен сақтау мерзіміне тікелей әсер ететін негізгі параметр болып табылатын қышқылдық сан көрсеткіші таңдалды. Процесс тұрақтылығы Шухарт бақылау карталары арқылы бақыланды. Сонымен қатар, процесс мүмкіндіктерінің Ср және Срк индекстері есептелді және нақты өндіріс деректерімен салыстырылды. Алынған нәтижелер негізінде өндірістің әртүрлі кезеңдеріндегі (сығу, сүзу, вакуумда кептіру) ауытқу дәрежесі мен сипаты анықталды, бұл жеке режимдердің сапа тұрақтылығына әсерін анықтауға мүмкіндік берді. Статистикалық бақылау әдістерін енгізу процесінің тұрақтылығын арттыруға, өнім сапасының тұрақтылығы мен ұлттық (ҚР СТ) және халықаралық (ISO 660) стандарттардың талаптарына сәйкестігін қамтамасыз етуге мүмкіндік берді. 0,30-0,32 мг КОН/г диапазонындағы қышқылдың орташа саны өнімнің нормативтік талаптарға сәйкестігін растады. Мақалада сонымен қатар технологиялық процесі оңтайландыру бойынша нақты ұсыныстар берілген: шикізаттың сапасын бақылау, температуралық жағдайларды тұрақтандыру, персоналдың біліктілігін жоғарлату. Бұл шаралар өнімнің сенімділігі мен қауіпсіздігін арттыруға, сондай-ақ тұтынушылардың сенімін нығайтуға бағытталған.

Тірек сөздер: мақта майы, қышқыл саны, статистикалық бақылау, бақылау карталары, процесс тұрақтылығы, SCADA, сапаны басқару.



Отуншиева А.Е. «Шымкентмай» АҚ мысалында қышқылдық саны көрсеткіші бойынша мақта майын өндірудің технологиялық процесін статистикалық модельдеу және тұрақтылығын бағалау [Мәтін] / А.Е. Отуншиева, С.А. Болегенова, С.С. Ветохин, А.Н. Никитенко, Ж.К. Шортанбаева // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2026. – №1(91). – Б.20-32. <https://doi.org/10.55956/YTDR9845>

Кіріспе. Өнімнің жоғары сапасы кәсіпорынның нарықтағы бәсекелестікті қамтамасыз етудегі табысқа жетуінің басты шартына айналды [1]. Тамақ өнеркәсібінің негізгі мақсаты болып өнімнің сапасы мен қауіпсіздігінің заманауи талаптарына жауап беретін тамақ өнімдері бойынша қоғамның қажеттіліктерін барынша қанағаттандыру табылады [2]. Тамақ өнімдерінің сапасына қойылатын талаптардың артуы және халықаралық стандарттарға сәйкестігінің қажеттілігі жағдайында технологиялық процестерді басқарудың тиімділігін арттыру өңдеуші кәсіпорындардың бірінші кезектегі міндетіне айналуға болады. Қазіргі уақытта және келешекте өнімнің жоғары сапасын, жаңалығын және бәсекеге қабілеттілігін қамтамасыз ете алатын кәсіпорындар ең жақсы жағдайда болады [3]. Қазіргі таңдағы әлемдік қауымдастыққа белсенді интеграция жүріп жатқан кезде азық-түлік өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігі кәсіпорындардың бәсекеге қабілеттілігінің негізгі критерийіне айналуы тиіс [4]. Бәсекелестік және технологиялардың қарқынды дамуы жағдайында статистикалық әдістерді қолдану тұрақты өнім сапасына қол жеткізуге мүмкіндік береді, бұл кәсіпорынға нарықтағы бірегей позицияны және табыстылықты арттыруды қамтамасыз етеді [5]. Статистикалық бақылауды қолдану өндірістік циклдегі ақаулар мен ауытқуларды анықтауға және жоюға мүмкіндік береді, бұл өндірілетін өнімнің өнімділігі мен сапасын айтарлықтай арттырады. Статистикалық бақылау өндіріс процесін бақылауға және ағымдағы үлгіні нақтылауға мүмкіндік беретін деректерді өлшеу мен талдауға негізделген [6]. Сапа менеджментіндегі практикалық қолданудағы ең алдыңғы статистикалық әдістер болып мыналар табылады: процесті статистикалық бақылау (SPC), өлшем жүйелерін талдау (MSA), сынамаларды алу әдістері және процесс пен өнімнің сенімділігін бағалау. Процесті жетілдіруде статистикалық әдістер ерекше орын алады [7]. Статистикалық процесті бақылау (SPC) – өнімді немесе қызметті өндіру кезінде оны тексеру процесі [8]. Өндірістік процестерде өнімнің жобалық сипаттамаларына сәйкес қаншалықты сенімді жұмыс істейтінін талдау үшін статистикалық процесті бақылау (SPC) кеңінен қолданылады. Егер процесте келеңсіздік бар деп санауға негіз болса, мәселені табу және түзету үшін оны тоқтатуға болады [9]. SPC маңыздылығы бір үлгіні тексеру ғана емес, сонымен қатар белгілі бір уақыт аралығындағы тұрақтылықты бақылау болып табылады. Бұған механизмнің дұрыс жұмыс істеп тұрғанын немесе «бақылаудан тыс» екенін бағалауға мүмкіндік беретін бақылау карталарын пайдалану арқылы қол жеткізіледі. Бақылау карталары өндірісте және процесті жетілдіруде «алты сигма» және жалпы сапаны басқару сияқты әдістемелерде бұрыннан қолданылған [10].

Тамақ өнеркәсібінде, әсіресе өсімдік майын өндіруде сапаны басқарудың заманауи тәсілдері болып саналатын статистикалық талдау және бақылау әдістерін енгізу талап етіледі. Өсімдік майын өндіруде өнімді әзірлеу және өткізуден кейін тұтынушыларға қызмет көрсету кезінде тұтынушылардың талаптарын ескеру қажет. Өсімдік майын өндіруде өндірілетін өнімді сатып алушылардың талаптарын қанағаттандыратын және олардың функционалдық ерекшеліктерін ескеретіндей етіп ұйымдастырылуы маңызды [11]. Өсімдік майларының сапасын қалыптастыратын факторларға шикізат пен өндіріс технологиясы жатады [12].

Өсімдік майының қажетті сапасының деңгейін бақылау өндірістік циклдің барлық кезеңдерінде жүзеге асырылады: түсетін шикізаттың кіріс бақылауы, технологиялық процестің барлық кезеңдеріндегі бақылау және дайын өнімнің шығыс бақылауы [9].

Өсімдік майларын, атап айтқанда мақта майын өндіру шикізатты өңдеудің барлық кезеңдерінде қатаң сапаны бақылауды қажет ететін және оның әрбір кезеңінде өнімнің соңғы сапасына әсер ететін ауытқулар орын алуы мүмкін көп сатылы процесс. Кәсіпорынның өмір сүру мәселелері арасындағы қатал бәсекелестік жағдайында қазіргі заманғы жағдайда шығарылатын өнімнің сапасы басты және шешуші мәселе болып табылады. Өсімдік майының тұтынуға жарамдылығын анықтайтын маңызды сапа көрсеткіштерінің бірі – триглицеридтердің гидролиз дәрежесіне тікелей байланысты және майдың тағамға жарамдылығын анықтайтын қышқыл саны [11]. Қышқыл санының жоғарылауы жеткіліксіз тазартуды немесе шикізатты сақтау және өңдеу шарттарын бұзуды көрсетуі мүмкін. Өртүрлі кезеңдердегі қышқыл санының тұрақтылығы технологиялық процестің тұрақтылығы мен қайталануының маңызды көрсеткіші болып табылады.

Қазіргі заманғы азық-түлік өндірісі жағдайында технологиялық процестердің тұрақтылығын бағалаудың дәл және уақытылы әдістеріне қажеттілік артып отыр. Қышқыл санының тұрақтылығын бағалау әдістемесін қолдану өнім сапасын объективті бақылауды жеңілдеті отырып тамақ өнімдерінің қауіпсіздігіне қатысты ГОСТ 1129-2013 және ISO 22000:2018 халықаралық нормалары сияқты стандарттар талаптарына сәйкестіктің алғышарты болып табылады. Статистикалық бақылауды өндірудің ғылыми негіздемесі ақауларды азайтуда және процестердің қайталану мүмкіндігін арттыруда SPC жүйелерінің жоғары тиімділігін көрсететін көп жылдық зерттеулердің нәтижелерімен расталады [4]. Статистикалық процестерді басқарудың заманауи әдістері (Statistical Process Control, SPC) технологиялық операциялардың ағымдағы тұрақтылығын бағалауға ғана емес, сонымен қатар ақаулардың алдын алу және процестерді оңтайландыру үшін өте маңызды статистикалық бақылаудан шығатын ауытқуларды анықтауға мүмкіндік береді [13].

Осылайша, мақта майы өндірісіндегі қышқыл санының тұрақтылығын талдау және басқару кәсіпорынның бәсекеге қабілеттілігіне, өнім қауіпсіздігіне және тұтынушылардың сеніміне тікелей әсер ететін маңызды міндет болып табылады.

Алынған өнімнің сапасын арттыру үшін ақауларды жедел анықтауға ғана емес, сонымен қатар олардың алдын алу бойынша түзету шараларын жасауға мүмкіндік беретін мәліметтерді өңдеудің статистикалық әдістерін де қолдану қажет [14].

Өсімдік майларын өндірудегі технологиялық процестердің параметрлерін статистикалық модельдеу және бақылау өнімнің тұрақты сапасын қамтамасыз ету мен өндірістік шығындарды оңтайландыру үшін қажет. Процестердің тұрақтылығын және өнім сапасын басқаруды қамтамасыз етудің тиімді құралдарының бірі статистикалық бақылау әдістерін қолдану болып табылады. Бақылау карталары (мысалы, X және MR), технологиялық процестің жарамдылығын талдау (Cp, Cpk, Pp, Ppk), қалыпты ықтималдық графиктері және гистограммалар тұрақсыз өндіріс аймақтарын уақтылы анықтауға, технологиялық режимдерді реттеу бойынша негізделген шешімдер қабылдауға және талаптарға сәйкес келмейтін өнімдерді шығаруды болдырмауға мүмкіндік береді [14].

Бұл мақалада технологиялық процестің зерттелуі келтіріліп, негізгі көрсеткіштердің бірі – қышқылдық саны бойынша тұрақтылықты бағалаудағы бақылау карталары мен жарамдылық индексі қолданумен «Шымкент» АҚ кәсіпорнында технологиялық процесті статистикалық

бақылау (SPC) қарастырады. «Шымкентмай» АҚ мақта шитін өңдеуге және тазартылған дезодорацияланған май өндіруге маманданған Қазақстандағы жетекші өсімдік майын өндіретін кәсіпорындардың бірі болып табылады. Өткізу нарықтарының кеңеюіне және ұлттық және халықаралық сапа стандарттарын сақтау қажеттілігіне байланысты кәсіпорында статистикалық процестерді бақылау (SPC) әдістері енгізілуде [15].

Статистикалық әдістерді қолданудың негіздемесі процесс жағдайы мен нәтижелерінің өзгермелілігіне байланысты. Сандық талдау проблемалардың ықтималдығын жою немесе азайту үшін процестің өзгермелілігінің сипатын, дәрежесін және себептерін түсінуге көмектеседі [16].

Статистикалық әдістер өнімдер мен процестердің сапасын жақсарту бойынша шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді, осылайша тұтынушылардың қанағаттануына ықпал етеді [17].

Осы зерттеудің мақсаты – X және MR типті бақылау карталарын пайдалана отырып, дезодорация, ағарту және вакуумдау кезеңдеріндегі қышқыл санын талдау негізінде мақта майын өндірудің технологиялық процесін статистикалық модельдеу және тұрақтылығын бағалау. Зерттеу объектісі – «Шымкентмай» АҚ тазартылған мақта майын өндірудің технологиялық процесі. Зерттеу элементі өсімдік майын өндірудің әртүрлі кезеңдеріндегі қышқылдық саны көрсеткішінің тұрақтылығы болып табылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Талдау үшін өңдеудің негізгі кезеңдеріндегі сапа параметрлерін өлшеуді қоса алғандағы 2024 жылға арналған өндірістік деректер пайдаланылды. Келесідегідей өндіріс кезеңдері талданды: престоу, вакуумда кептіру, ағарту, дезодорация. Деректер осы кезеңдерден кейінгі қышқыл саны сияқты көрсеткіштерді бақылау нәтижелері болды. Қышқыл саны кәсіпорын зертханасында ГОСТ 31759-2012 және ИСО 660:2020 бойынша титриметриялық әдіспен процестің әрбір сатысында өлшенді. Талдау Microsoft Excel бағдарламасын және карталар мен есептеулерді салуға арналған арнайы SPC модулін қолдану арқылы жүзеге асырылды. Бастапқы деректер сапаны бақылаудың зертханалық хаттамаларында және өндіріс журналдарында қамтылған.

Зерттеу барысында статистикалық деректерді өңдеуге, бақылау карталарын құруға, жарамдылығын талдауға және үлестірімдерді бағалауға арналған STATISTICA v.10 бағдарламалық құралы пайдаланылды. Технологиялық процестің тұрақтылығы X (орташа мәндер) және MR (бақылаулар арасындағы өзгеру амплитудасы) жеке бақылау диаграммалары негізінде бақыланды, бұл өсімдік майын өңдеудің әрбір кезеңінде процестердің тұрақтылығын анықтауға мүмкіндік берді [18]. Талдау үшін деректер нақты уақыт режимінде диспетчерлік бақылау және процесс параметрлерін жинау үшін «Шымкентмай» АҚ кәсіпорнында қолданылатын интеграцияланған SCADA жүйесі арқылы жиналды. Жүйе өндірістің негізгі кезеңдерінде қышқыл санын қоса алғанда, көрсеткіштердің автоматтандырылған мониторингін қамтамасыз етеді және деректерді тікелей аналитикалық модульдерге жібереді. Бұл адам факторын жою арқылы талдаудың дәлдігі мен сенімділігін арттырады және ауытқуларға жедел әрекет етуге мүмкіндік береді [7]. Талдау өндірістің үш негізгі кезеңін қамтыды: вакуумдау, ағарту және дезодорация. Әрбір кезең үшін кем дегенде 100 қатарынан бақылау кезеңі үшін қышқыл саны туралы өндірістік бақылаудан деректер жиналды. Карта параметрлері стандартты әдіспен есептелді: орталық сызық (CL), жоғарғы және төменгі бақылау шектері (UCL

және LCL), сигманың стандартты ауытқуы және үлгілердің орташа мәндері негізінде анықталады [19]. Қосымша Cp, Cpk, Pp және Ppk критерийлері бойынша процестің белгіленген рұқсат етілулеріне сәйкестігін бағалауға мүмкіндік беретін (Capability Analysis) жарамдылық графигі пайдаланылды. Сонымен қатар таралу гистограммалары мен қалыпты ықтималдық графиктері таралу қалыптылығын тексеру және шығарындыларды визуалды бақылау үшін де пайдаланылды [20]. Барлық есептеулер мен визуалды бақылау, алынған нәтижелердің қайталануы мен сенімділігін қамтамасыз ететін интеграцияланған STATISTICA ортасында орындалды. Бағдарламада «Өндірістік статистика» қойындысы бар, ол өндірістік деректерінің үлкен көлемін талдауға мүмкіндік береді.

Жұмыс процесінде параметрлердің орташа мәндерін және олардың уақыт бойынша өзгермелілігін бақылауға мүмкіндік беретін X және MR типті бақылау карталары қолданылды. MR диаграммаларын қолдану іріктеменің кішігірім мөлшерімен немесе жеке өлшемдермен негізделеді [21], бұл өсімдік майы өндірісіндегі технологиялық бақылау шарттарына сәйкес келеді.

Процесс сипаттамалардың белгіленген талаптарға (рұқсат етілген) сәйкестігін бағалау үшін келесі коэффициенттер есептелді:

- Cp, Cpk – ішкі шашырауға қатысты процестің жарамдылығы;
- Pp, Ppk – жалпы шашырауды ескергендегі процестің жарамдылығы.

Бұл көрсеткіштердің рұқсат етілген мәндері ГОСТ Р ISO 22514-1-2013 [15] ұсыныстарына сәйкес келеді. Cpk < 1,33 деңгейі сыни болып саналады, бұл процестің жеткіліксіз жарамдылығын көрсетеді және түзету әрекеттерін талап етеді.

Осы жұмыста зерттеулер статистикалық әдістерді (ГОСТ Р ИСО/ТО 10017-2005) қолдану арқылы жүргізілді: сипаттамалық статистика, гипотезаны тексеру, «процесс-сипаты» диаграммасын құру және процестің мүмкіндіктерін талдау.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Зерттеу барысында технологиялық процестің барлық негізгі кезеңдерінде мақта майының қышқылдық саны (қ.с.) мәндері талданды: бастапқы майды қабылдаудан бастап дайын өнімді дезодорацияланған тазартылған майды шығаруға дейінгі. Есептер мен визуалды бақылау [1,4] стандарттардың талаптарына сәйкес STATISTICA v8 көмегімен орындалды.

Визуалды бақылау X және MR типті бақылау диаграммалары арқылы жүзеге асырылды:

– Қышқыл санына арналған X картасы барлық мәндер бақылау шегінде болатын «ағарту» және «дезодорация» кезеңдерінде процестің тұрақты жұмысын көрсетті.

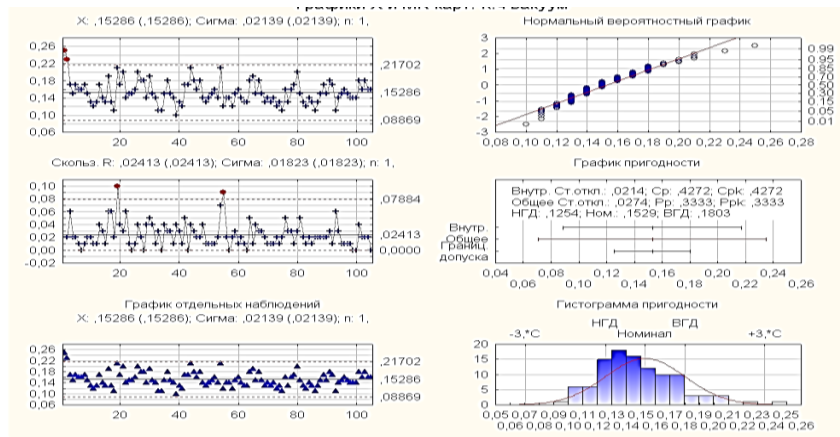
– «Вакуумдау» кезеңінде жоғарғы бақылау шегінің бір рет асып кетуі байқалды, бұл температура режимінің бұзылуын немесе шикізаттың тұрақсыздығын көрсетуі мүмкін.

– MR диаграммасы өлшемдердің жоғары қайталану мүмкіндігін растады, өйткені өлшемдер арасындағы таралу рұқсат етілген шектерде қалды (1, 2-суреттер).

Сонымен қатар, дезодорация кезеңі үшін технологиялық жарамдылық индексі (Cpk) есептелді. Оның мәні Cpk = 1,42 болды, бұл ГОСТ Р ISO 22514-1-2013 [4] бойынша тұрақты және қолайлы процеске сәйкес келеді.

1-суретте қышқылдық саны көрсеткіштері бойынша тазартылмаған және дезодорацияланбаған мақта майын талдау нәтижелері көрсетілген.

СТАТИСТИКА бағдарламасын пайдалана отырып келесілер тұрғызылды: уақыттық қатарлар, гистограмма, Шухарт карталары, процестің жарамдылығын бағалау.



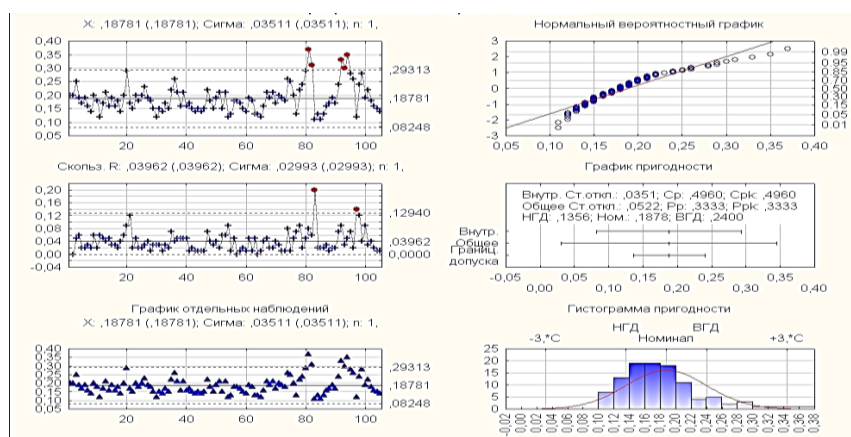
Сурет 1. Вакуумдау сатысындағы қышқыл санының X және MR бақылау карталары

1-суреттен көріп отырғанымыздай мақта «Вакуумдау» кезеңінде Орталық мәні (\bar{X}): 0,15286, Сигма: 0,02139, MR: 0,02413, Ср 0,274, Срк 0,333-ке тең. Рұқсат етілудің төменгі шекарасы 0,1254, рұқсат етілудің жоғары шекарасы 0,1803 екенін көреміз. X бақылау картасында бақылау шегінен тыс нүктелер бар (мысалы, 10 және 45 бақылаулар бойынша). Сигма мен MR дезодорацияға қарағанда жоғары – процесс тұрақтылығы төмен.

Жарамдылық графигі: Ср = 0,274, Срк = 0,333 – өте төмен мәндер, процесс талаптарды толығымен қанағаттандыра алмайды.

Қорытынды: процестің өзгермелілігі рұқсат етілген мәндерден айтарлықтай асып түседі, гистограммада мәндердің таралуы бар.

Ағарту сатысындағы Шухарттың бақылау карталары 2-суретте көрсетілген.

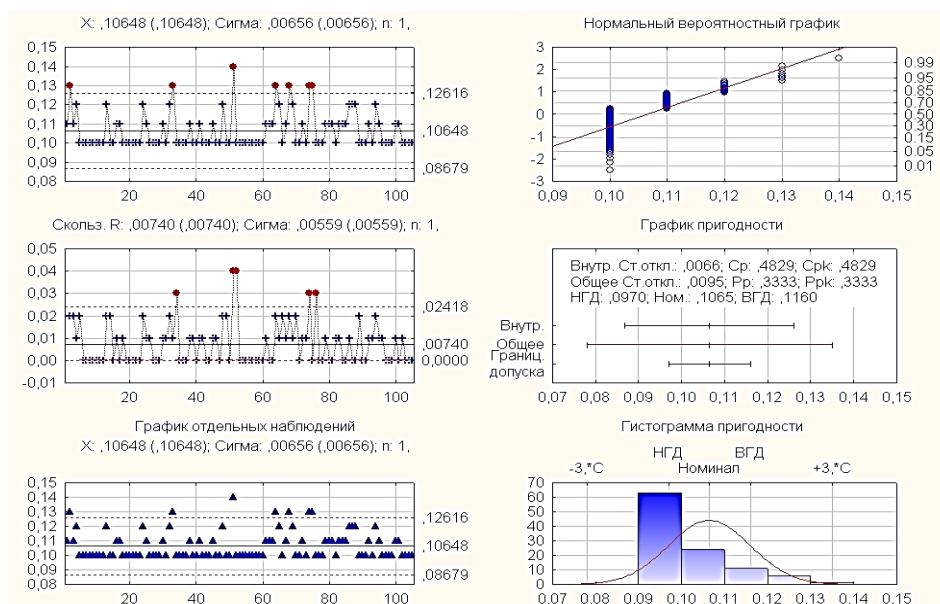


Сурет 2. Ағарту сатысындағы қышқылдық мәнге арналған X және MR бақылау карталары

2-суреттен бұл кезеңде орталық мән (\bar{X}): 0,18781, Сигма: 0,03511, MR: 0,0396, Ср 0,522, Срк 0,333 екенін көруге болады. Рұқсат етілудің төменгі шекарасы – 0,1356, рұқсат етілудің жоғары шекарасы – 0,2400. Бақылау картасы X: Бірнеше айқын ауытқулар, әсіресе бақылаулардың соңында. Процесс тұрақсыз, ауытқу амплитудасы жоғары.

Жарамдылық графигі: Ср = 0,522, Срк = 0,333 – сәл жоғары, бірақ әлі де рұқсат етілген минимумнан төмен (1,33). Вариация рұқсат етілген шегінен асып түседі, деректерді таратуда күшті асимметрия бар. Қорытынды: процесс тұрақсыз, жиі ауытқулар байқалады, әсіресе соңғы бақылауларда. Ср 1,33 рұқсат етілген мәннен төмен.

Дезодорация сатысындағы Шухарттың бақылау карталары 3-суретте көрсетілген.



Сурет 3. Дезодорация сатысындағы қышқылдың мәні үшін X және MR бақылау карталары

3-суретке сүйене отырып, дезодорацияның осы кезеңінде орталық мәні (\bar{X}): 0,106486, Сигма: 0,00566, MR (жылжымалы ауқымы): 0,00740 екенін көруге болады. Параметр мәндері: Орташа (\bar{X}) = 0,106486, Сигма = 0,005666, MR (ауқымы) = 0,00740. Ср = 0,9056, Срк = 0,333. Рұқсат етілудің төменгі шекарасы = 0,09706, рұқсат етілудің жоғары шекарасы = 0,1160

Бақылау картасы X: Бірнеше нүктелер (қызыл маркерлер) бақылау шегінен тыс, әсіресе шамамен 20, 40 және 60 бақылаулар. Бұл процестің тұрақтылығын бұзатын вариацияның ерекше себептері бар екенін көрсетеді.

Жарамдылық графигі: Ср = 0,905, Срк = 0,333 – мәндер төмен, процесс қолайлы емес, өйткені ол рұқсат етілген шегінде тұрақтылықты қамтамасыз етпейді. Вариацияның ені рұқсат етілген шектен асады: НГД = 0,0970, ВГД = 0,1160, Номиналды = 0,1065.

Қорытынды: процесс ішінара тұрақты, бірақ жарамдылық индексінің төмен болуы Срк < өнімнің рұқсат етілген шегінен шығу қаупінің жоғары екенін көрсетеді.

«Шымкентмай» АҚ мақта майын өндірудің технологиялық процесін статистикалық талдау нәтижесінде алынған нәтижелер негізгі сапа көрсеткіштеріне бақылаудың жалпы қанағаттанарлық жағдайын көрсетуі мүмкін. Дегенмен, жекелеген кезеңдерде анықталған ауытқулар бөлек қарастыруды және түзету шараларын талап етеді.

STATISTICA ортасында құрастырылған X және MR бақылау карталарының негізінде мақта майын өндірудің технологиялық процесінің тұрақтылығы үш негізгі кезеңде: вакуумдау, ағарту және дезодорациялау кезінде қышқыл саны бойынша талданды. Әрбір кезең стандартты ауытқудың өзіндік деңгейімен және қышқылдық сан мәндерінің өзгеріштік деңгейімен сипатталады.

Вакуумдық кезеңде (1-сурет) қышқылдың орташа саны 0,15286, $\sigma = 0,02139$ болды. Талдау бақылау шегінен тыс жеке шығулардың болуын көрсетеді, бұл жеке нүктелердегі тұрақсыздықты көрсетеді, бірақ жалпы құрылым рұқсат етілген бақылау шегінде қалады. Процесс тұрақты, көптеген нүктелер $\pm 3\sigma$ шегінде. Процестің жарамдылық коэффициенттері: $Cp = 4,272$, $Cpk = 4,272$, бұл технологиялық процестің жоғары жарамдылығын көрсетеді [7].

Ағарту сатысында (2-сурет) неғұрлым айқын тұрақсыздық байқалады. Қышқыл санының орташа мәні 0,18781, ал $\sigma = 0,03511$ жетеді. Нүктелердің айтарлықтай саны бақылау шегінен асып түседі, бұл процесс параметрлерін реттеу қажеттілігін көрсетеді. $Cp = 4,960$, бірақ $Cpk = 0,4960$ – рұқсат етілудің орталығына қатысты процестің ығысуының болуы. Елеулі ығысу бар, төменгі бақылау шегі жиі асып кетеді. [8].

Дезодорация сатысында (3-сурет) процесс ең тұрақты сипаттамаларды көрсетеді. Орташа мән 0,10648, $\sigma = 0,00656$. Көптеген нүктелер бақылау шегінде, ауытқулар аз. Cp және Cpk – 4,829, бұл процестің қышқыл санын қажетті шектерде ұстауға жоғары қабілетін растайды. Кезеңдер арасындағы ең жақсы тұрақтылық.

Қалыпты ықтималдық графиктерін талдау барлық үш кезең үшін деректердің таралуының қалыптылығын растайды, бұл қалыпты заң негізінде басқару параметрлерін дұрыс қолдануға мүмкіндік береді. Жарамдылық гистограммалары процестердің белгіленген рұқсаттарға сәйкестігін де көрсетеді.

Осылайша, дезодорация процесі ең үлкен тұрақтылықпен сипатталатыны анықталды, ал ағарту кезеңі қосымша назар аударуды және түзету шараларын қажет етеді. SPC әдістерін қолдану маңызды нүктелерді анықтауда және технологиялық процестің сапасын басқаруда тиімділігін дәлелдеді.

Қорытынды. «Шымкентмай» АҚ деректері негізінде жүргізілген статистикалық модельдеу қышқылдық сан көрсеткіші бойынша мақта майын өндірудің технологиялық процесінің тұрақтылығын объективті бағалауға мүмкіндік берді:

1. X және MR жеке бақылау карталарын қолдану дезодорация процесінің ең жоғары тұрақтылыққа ие екендігін анықтауға мүмкіндік берді, бұл қышқылдар санының минималды ауытқуларымен және жарамдылық индекстерінің жоғары мәндерімен расталады (Cp және $Cpk > 4,8$).

2. Вакуумдау сатысында бақылау шегінен асатын жеке нүктелер анықталғанымен, процесс жалпы басқарылады. Cp және Cpk көрсеткіштері де жеткілікті жарамдылықты көрсетеді.

3. Ағарту сатысы түзету әрекеттерін талап етеді, өйткені қышқыл санының ауытқуы бақылау шегінен тыс, ал Срк Ср-ден айтарлықтай төмен, бұл процестің ығысуын көрсетеді.

4. SPC және STATISTICA пакетін пайдалану технологиялық процестердің тұрақтылығын диагностикалау және басқару құралы ретінде өзінің тиімділігін дәлелдеді.

Алынған нәтижелер өндіріс параметрлерін оңтайландыру, ысыраптарды азайту және түпкілікті өнімнің сапасын жақсарту үшін пайдаланылуы мүмкін.

Ұсыныстар:

– Ағарту процесінің параметрлері мен шарттарын, соның ішінде температураны, өңдеу уақытын және көмекші заттардың мөлшерін жүйелі түрде тексеру.

– Төзімділік шегінен асып кетпес бұрын ауытқуларды анықтау үшін бақылау карталарын талдау негізінде алдын ала ескерту жүйесін (Early Warning System) енгізу.

– Тұрақсыздықтың алғашқы белгілеріне әрекетті жақсарту үшін технологтар мен операторларды SPC принциптеріне және Шухарт диаграммасын түсіндіруге үйрету.

– Зауыттың SCADA жүйесіне интеграцияланған қышқыл санының автоматтандырылған мониторингін орнату.

– STATISTICA-ны процестің жарамдылығын талдау, болжау және оңтайландыру үшін негізгі құрал ретінде пайдалануды жалғастыру.

– Ауытқуларға жедел әрекет ету үшін бақылау карталарын автоматты түрде жасау арқылы онлайн бақылауды енгізуді ұсыныңыз.

Осылайша, объективті деректерге негізделген статистикалық процесті бақылау әдістерін қолдану тұрақсыз аймақтарды анықтауға ғана емес, сонымен қатар өндірісте үздіксіз жетілдіру мәдениетін қалыптастыруға мүмкіндік береді және өндірістік тәртіпті арттыруға, өзгермелілікті азайтуға және өнімнің халықаралық қауіпсіздік пен сапа талаптарына сәйкестігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Осылайша, сапаны басқарудың статистикалық әдістері өнімді үздіксіз бақылаудан артықшылықтарға ие, өйткені олар технологиялық процестегі ауытқуларды жедел анықтауға мүмкіндік береді [22].

Әдебиеттер тізімі

1. Прохоров, Ю.К. Управление качеством [Текст]: учебное пособие / Ю.К. Прохоров. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, 2007. – 144 с.
2. Рахимова, С. Роль инноваций и инновационного процесса в развитии пищевой промышленности [Текст] / С. Рахимова //International Journal of Innovative Technologies in Economy. – 2018. – Т. 6. – № 18. https://doi.org/10.31435/rsglobal_ijite/01072018/5938.
3. Свойкин, В.Ф. Статистические методы и контроль качества продукции [Текст]: учебное пособие / В.Ф. Свойкин, Н.В. Белозёрова, Е.Н. Сивков [и др.]. – Сыктывкар: Сыктывкарский лесной институт, 2012. – 64 с.
4. Смирнова Н.А. Современные системы управления качеством и безопасностью пищевых продуктов [Текст] / Н.А. Смирнова, А.А. Смирнов // Пищевая промышленность. – 2015. – № 11.
5. Jiang W., Murphy T., Tsui K. L. Statistical methods for quality and productivity improvement //Springer Handbooks. – Springer, 2006. – P. 173-192. https://doi.org/10.1007/978-1-84628-288-1_10

6. Слеваков, Р.В. Применение статистических методов в управлении качеством [Текст] / Р.В. Слеваков // Теория и практика современной науки. – 2024. – № 12 (114).
7. Czarski A., Satora K., Matusiewicz P. Statistical methods in quality management-process capability analysis // Metallurgy and foundry engineering. – 2007. – Vol. 33. – P. 121-128. <https://doi.org/10.7494/mafe.2007.33.2.121>.
8. Fitzsimmons J.A., Fitzsimmons M.J. Service management: operations, strategy, and information technology. – Boston: McGraw-Hill/Irwin, 2011. – 541 p.
9. Bamford D., Forrester P., Reid I. Essential guide to operations management: Concepts and case notes. – Routledge, 2023. <https://doi.org/10.4324/9781003314998>.
10. Shrestha N. Application of statistical process control chart in food manufacturing industry // International Journal of Engineering, Business and Management. – 2020. – Vol. 4(5). <https://doi.org/10.22161/ijebm.4.5.2>.
11. Kleymenova N., Nazina L., Bolgova I., Pegina A., Orlovseva O. Quality control in the production process of sunflower oil // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 845. – P. 012111. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/845/1/012111>.
12. Смолякова В.Л. Влияние качества сырья на качество растительного масла [Текст] / В.Л. Смолякова, А.П. Крылова // Современные инновации. – 2017. – № 8 (22).
13. Montgomery D.C. Introduction to statistical quality control. – 8th ed. – Hoboken: Wiley, 2019. – 768 p.
14. Ebrahimian E., Seyyedi S.M., Bybordi A., Damalas C.A. Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability // Agricultural Water Management. – 2019. – Vol. 218. – P. 149-157.
15. ГОСТ Р 22514-1–2015. Статистические методы. Управление процессами. Часть 1. Общие принципы [Текст]. – Введ. 2016–07–01. – М.: Стандартинформ, 2016.
16. Winkler W.E. Methods for evaluating and creating data quality // Information Systems. – 2004. – Vol. 29. – No. 7. – P. 531-550.
17. Wood M. Statistical methods for monitoring service processes // International Journal of Service Industry Management. – 1994. – Vol. 5. – No. 4. – P. 53-68.
18. Ивашкевич, Н.В. Методы контроля и управления качеством продукции [Текст] / Н.В. Ивашкевич, Ю.В. Борисова. – М.: Форум, 2019. – 256 с.
19. ISO 8258:1991. Shewhart control charts.
20. Румянцева, З.П. Статистические методы в управлении качеством [Текст] / З.П. Румянцева, И.Н. Воронин. – М.: Инфра-М, 2017. – 312 с.
21. Шпер, В.Л. Контрольные карты Шухарта – простой, но не лёгкий для применения инструмент анализа данных [Текст] / В.Л. Шпер, С.А. Шереметьева, В.Ю. Смелов, Е.И. Хунузиди // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2024. – Т. 67. – № 1. – С. 121-131. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2024-1-121-131>.
22. Смирнова, Н.А. Применение статистических методов управления качеством в производстве пищевых продуктов [Текст] / Н.А. Смирнова, Г.М. Копылов, С.В. Борисенко // Евразийский союз ученых. – 2014. – № 6-3.

Материал редакцияга 28.08.25 түсті, 16.02.26 қабылданды.

А.Е. Отуншиева¹, С.А. Болегенова¹, С.С. Ветохин²,
А.Н. Никитенко², Ж.К. Шортанбаева¹

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Белорусский государственный технологический университет,

Минск, Республика Беларусь

**СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ХЛОПКОВОГО МАСЛА ПО
ПОКАЗАТЕЛЮ КИСЛОТНОГО ЧИСЛА НА ПРИМЕРЕ АО «ШЫМКЕНТМАЙ»**

Аннотация. В данной статье представлены результаты статистического моделирования, проведённого с целью оценки стабильности технологического процесса производства хлопкового масла на предприятии АО «Шымкентмай». В качестве основного объекта исследования выбран показатель кислотного числа, который является ключевым параметром, напрямую влияющим на качество и срок годности растительного масла. Контроль стабильности процесса осуществлялся с использованием контрольных карт Шухарта. Кроме того, были рассчитаны индексы способности процесса C_p и C_{pk} , которые сопоставлялись с фактическими производственными данными. На основании полученных результатов была выявлена степень и характер отклонений на различных стадиях производства (отжим, фильтрация, вакуумная сушка), что позволило определить влияние отдельных режимов на стабильность качества. Внедрение методов статистического контроля позволило повысить устойчивость процесса, обеспечить стабильность качества продукции и соответствие требованиям национального (СТ РК) и международного (ISO 660) стандартов. Среднее значение кислотного числа в диапазоне 0,30-0,32 мг КОН/г подтвердило соответствие продукции нормативным требованиям. В статье также даны конкретные рекомендации по оптимизации технологического процесса: контроль качества сырья, стабилизация температурных режимов и повышение квалификации персонала. Эти меры направлены на повышение надёжности и безопасности продукции, а также на укрепление доверия потребителей.

Ключевые слова: хлопковое масло, кислотное число, статистический контроль, контрольные карты, стабильность процесса, SCADA, управление качеством.

А.Е. Otunshiyeva¹, S.A. Bolegenova¹, S.S. Vetokhin²,
A.N. Nikitenko², Zh.K. Shortanbayeva¹

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus

**STATISTICAL MODELLING AND EVALUATION OF THE STABILITY OF THE TECHNOLOGICAL
PROCESS OF COTTON OIL PRODUCTION BY ACID NUMBER INDICATOR
ON THE EXAMPLE OF «SHYMKENTMAY» JSC**

Abstract. This article presents the results of statistical modeling conducted to assess the stability of the cotton oil production process at «Shymkentmay» JSC. The main focus of the study was the acid value, a key parameter that directly affects the quality and shelf life of vegetable oil. Process stability was monitored using Shewhart control charts. Additionally, process capability indices C_p and C_{pk} were calculated and compared with actual production data. Based on these metrics, the nature and extent of process variations at various stages (pressing, filtration, vacuum drying) were identified, allowing the influence of specific operational modes on product quality to be determined. The

introduction of statistical control methods improved process stability, ensured consistent quality, and confirmed compliance with national (ST RK) and international (ISO 660) standards. The average acid value of 0.30-0.32 mg KOH/g indicated conformity with regulatory requirements. The article also provides practical recommendations for process optimization, such as raw material quality control, stabilization of temperature regimes, and staff training. These measures aim to enhance product reliability and safety while strengthening consumer confidence.

Keywords: cottonseed oil, acid value, statistical control, control charts, process stability, Cp, Cpk, SCADA, quality management.

References

1. Prokhorov Yu.K. Upravlenie kachestvom [Quality management]: textbook. – Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2007. – 144 p. [in Russian].
2. Rakhimova S. Rol' innovatsii i innovatsionnogo protsesssa v razvitii pishchevoi promyshlennosti [The role of innovation and the innovation process in the development of the food industry] //International Journal of Innovative Technologies in Economy. – 2018. – Vol. 6. – No. 18. https://doi.org/10.31435/rsglobal_ijite/01072018/5938.
3. Svoikin V.F., Belozerova N.V., Sivkov E.N. et al. Statisticheskie metody i kontrol' kachestva produktsii [Statistical methods and product quality control]: textbook. – Syktyvkar: Syktyvkar Forest Institute, 2012. – 64 p. [in Russian].
4. Smirnova N.A., Smirnov A.A. Sovremennye sistemy upravleniya kachestvom i bezopasnost'yu pishchevykh produktov [Modern systems of quality and food safety management] // Food Industry. – 2015. – No. 11. [in Russian].
5. Jiang W., Murphy T., Tsui K.L. Statistical methods for quality and productivity improvement //Springer Handbooks. – Springer, 2006. – P. 173–192. https://doi.org/10.1007/978-1-84628-288-1_10.
6. Spevakov R.V. Primenenie statisticheskikh metodov v upravlenii kachestvom [Application of statistical methods in quality management] // Theory and practice of modern science. – 2024. – No. 12 (114). [in Russian].
7. Czarski A., Satora K., Matusiewicz P. Statistical methods in quality management – process capability analysis // Metallurgy and Foundry Engineering. – 2007. – Vol. 33. – P. 121–128. <https://doi.org/10.7494/mafe.2007.33.2.121>.
8. Fitzsimmons J.A., Fitzsimmons M.J. Service management: operations, strategy, and information technology. – Boston: McGraw-Hill/Irwin, 2011. – 541 p.
9. Bamford D., Forrester P., Reid I. Essential guide to operations management: Concepts and case notes. – Routledge, 2023. <https://doi.org/10.4324/9781003314998>.
10. Shrestha N. Application of statistical process control chart in food manufacturing industry // International Journal of Engineering, Business and Management. – 2020. – Vol. 4(5). <https://doi.org/10.22161/ijebm.4.5.2>.
11. Kleymenova N., Nazina L., Bolgova I., Pegina A., Orlovseva O. Quality control in the production process of sunflower oil // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 845. – 012111. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/845/1/012111>.
12. Smolyakova V.L., Krylova A.P. Vliyanie kachestva syr'ya na kachestvo rastitel'nogo masla [Influence of raw material quality on vegetable oil quality] // Sovremennye innovatsii. – 2017. – No. 8 (22). [in Russian].
13. Montgomery D.C. Introduction to statistical quality control. – 8th ed. – Hoboken: Wiley, 2019. – 768 p.
14. Ebrahimian E., Seyyedi S.M., Bybordi A., Damalas C.A. Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability // Agricultural Water Management. – 2019. – Vol. 218. – P. 149-157.

15. GOST R 22514-1–2015. Statisticheskie metody. Upravlenie protsessami. Chast' 1. Obshchie printsipy [Statistical methods. Process management. Part 1. General principles]. – Introduced. 2016–07–01. – Moscow: Standartinform, 2016. [in Russian].
16. Winkler W.E. Methods for evaluating and creating data quality // Information Systems. – 2004. – Vol. 29. – No. 7. – P. 531-550.
17. Wood M. Statistical methods for monitoring service processes // International Journal of Service Industry Management. – 1994. – Vol. 5. – No. 4. – P. 53-68.
18. Ivashkevich N.V., Borisova Yu.V. Metody kontrolya i upravleniya kachestvom produktsii [Methods of product quality control and management]. – Moscow: Forum, 2019. – 256 p. [in Russian].
19. ISO 8258:1991. Shewhart control charts.
20. Rumyantseva Z.P., Voronin I.N. Statisticheskie metody v upravlenii kachestvom [Statistical methods in quality management]. – Moscow: Infra-M, 2017. – 312 p. [in Russian].
21. Shper V.L., Sheremetyeva S.A., Smelov V.Yu., Khunuzidi E.I. Kontrol'nye karty Shukharta – prostoi, no ne legkii dlya primeneniya instrument analiza dannykh [Shewhart control charts – a simple but not easy-to-use data analysis tool] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Chernaya metallurgiya. – 2024. – Vol. 67. – No. 1. – P. 121–131. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2024-1-121-131>. [in Russian]
22. Smirnova N.A., Kopylov G.M., Borisenko S.V. Primenenie statisticheskikh metodov upravleniya kachestvom v proizvodstve pishchevykh produktov [Application of statistical quality management methods in food production] // Eurasian Union of Scientists. – 2014. – No. 6-3. [in Russian].