

АЖЛЫН БАЙРНЫ ДОТООД ОРЧНЫ БИЧИЛ ЦАГ УУРЫН ҮНЭЛГЭЭ

Ё.Энх-Амагалан¹

¹ Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар
Холбогдох зохиогчийн и-мэйл хаяг: enhamgalan@must.edu.mn

Хураангуй: Бичил цаг уурын хүчин зүйлүүд нь ажиллах орчны нөхцөл байдалд ихээхэн нөлөөлдөг дотоод орчны физик хүчин зүйл юм. Эдгээр бичил цаг уурын хүчин зүйлүүд нь хөдөлмөр эрхэлж буй хүмүүсийн ажлын бүтээмж, ая тухад ихээхэн нөлөөлдөг бөгөөд тэдний ажлын эрчим, үр дүнд шууд нөлөөлөл үзүүлэх субъектив тал болдог. Эдгээр хүчин зүйлүүдийн огцом өөрчлөлт нь хүний эрүүл мэндэд хортой эсвэл сөрөг нөлөөлөл бий болгодог. Энэхүү өгүүлэлд ажлын байрны дотоод орчны бодит нөхцөл байдлын хэмжилтийн үр дүнд тулгуурлан дулаан-чийгшлийн бичил цаг уурын үнэлгээ хийж түүнд ашигласан аргачлалыг тусгалаа.

Түлхүүр үг: агаарын хэм, харьцангуй чийгшил, агаарын урсгалын хурд, хамссан үйлчлэл, зөвшөөрөгдөх хэмжээ

I. УДИРТГАЛ

Ажлын байрны дотоод орчин нь хөдөлмөрийн бүтээмжид нөлөөлж болох хүчин зүйлсийн нэгдэл ба зөвхөн нэг хүчин зүйлд анхаарлаа хандуулах нь өрөөсгөл бөгөөд хамссан үйлчлэлийн хүчин зүйлүүдийг харгалзан үзэх шаардлагатай. Ажлын орчинд нөлөөлдөг хамгийн түгээмэл элементүүд нь дуу чимээ, агаарын урсгал, температур, чийгшил, гэрэл, эдгээрээс үүдэх стресс юм.

Ажлын орчны хэвийн таатай байдал нь бие махбодын болон оюун санааны хувьд хамгийн их гүйцэтгэлийг бий болгох нөхцөлийг бүрдүүлдэг гол зүйл гэж тодорхойлж болно. Хүний ажиллах таатай нөхцөл бүтээмжид нөлөөлдөг хэд хэдэн хүчин зүйл байдаг. Үүнд: агаарын нөхцөл, температур, хүрээлэн буй зүйлсийн температур, хувцаслалт, хүний субъектив параметрууд, ажлын эрчим болон бусад нөлөөлөл гэж үздэг [1].

II. БИЧИЛ ЦАГ УУРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

Ажлын орчны бичил цаг уурын параметруудийг (нөхцөл) дулаан-чийгийн параметрууд гэж нэрлэдэг температур, харьцангуй чийгшил, агаарын урсгалаар тодорхойлно. Эдгээр физик хэмжигдэхүүнүүд нь ажлын байрны нөхцөлийг тодорхойлоход чухал үүрэгтэй. Онцгой тохиолдолд хүний эрүүл мэндэд сөрөг нөлөө үзүүлдэг онцгой хүчин зүйл гэж үзэж болно.

A. Температур

Ажлын байрны нөхцөлийн зэрэглэлийг ажилтны ажиллах эрчмээс хамаарч биеийн дулааны хэм, энерги зарцуулалтаас хамааран бичил цаг уурын оновчтой нөхцөлөөр тодорхойлно. Хөдөлмөрийн нөхцөлийн ангилал, ажлын зэрэглэлийг MNS 4990:2015 Ажлын байрны орчин, эрүүл ахуйн шаардлага стандартад дараах байдлаар заасан байна [2].

1-Р ХҮСНЭГТ АЖЛЫН БАЙРНЫ ОРЧИН, ЭРҮҮЛ АХУЙН ШААРДЛАГА

Ажлын зэрэглэл	Температур, °C			
	Тохиромжтой хэмжээ		Зөвшөөрөгдөх хэмжээ	
	Дулааны улирал	Хүйтний улирал	Дулааны улирал	Хүйтний улирал
Хөнгөн Ia	23-25	22-24	22-28	21-25
Хөнгөн Ib	22-24	21-23	21-26	20-24
Дунд Pa	21-23	18-20	18-27	17-23
Дунд Pb	20-22	17-19	16-27	15-21
Хүнд III	18-20	16-18	15-26	13-19

Ажлын орчин дахь бичил цаг уурын нөхцөлийн оновчтой утгын хүрээг дулааны улиралд (гадна орчны агаарын хэмийн дундаж +10°C ба түүнээс дээш байх жилийн улирал) болон хүйтний улиралд (гадна орчны агаарын хэмийн дундаж -10°C ба түүнээс доош байх жилийн улирал) гэж тогтоодог. Жилийн дулаан, хүйтэн улирлын оновчтой, зөвшөөрөгдөх хэмжээг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв (MNS 4990:2015).

B. Агаарын чийгшил

Ажлын орчны чийгшил нь хөдөлмөрийн бүтээмжид нөлөөлөх бодит хүчин зүйл юм. Хүйтний улиралд халаалтын улмаас чийгшил 20% иа-с буурах, бусад улиралд 60% иа-с дээш чийгшилтэй орчин нь хүний биед сөрөг нөлөө үзүүлдэг. Харьцангуй чийгшил, агаарын хэмийн харилцан хамаарлын нөлөөллийг 2-р хүснэгтэд үзүүлэв [3].

2-Р ХҮСНЭГТ ТЕМПЕРАТУР, ЧИЙГШИЙН ХАМССАН ҮЙЛЧЛЭЛ АЖЛЫН ГҮЙЦЭГТЭЛД ҮЗҮҮЛЭХ НӨЛӨӨЛӨЛ

Температур	Харьцангуй чийгшил	Ажлын гүйцэтгэл, хамаарлын эффект
21°C	40%	Маш сайн
	85%	Ажлын орчин хэлбэрийг солих, амрах
	91%	Бүтээмж буурна, ядаргаа, сэтгэлийн хямрал бий болдог
26°C	30%	Маш сайн
	65%	Бүтээмж буурна, хурдан ядарна
	80%	Ажиллахад хүнд, ойр ойрхон амрах хэрэгцээ
32°C	25%	Маш сайн
	50%	Бүтээмжийг хүчтэй бууруулна
	65%	Ажиллах бараг боломжгүй
	81%	Хүч тамир барагдаж биеийн температур нэмэгдэхэд хүргэдэг
	90%	Ажиллах орчин нь эрүүл мэндэд аюултай Агаарын урсгал
	100%	Ажиллах боломжгүй

Хөдөлмөрийн төрөл бүрийн нөхцөлд ажлын тав тухтай орчин, хэвийн байдлыг хангахын тулд агаарын урсгал, эрчмийг бага түвшинд байлгах боломжгүй байдаг. Ихэнх тохиолдолд, ялангуяа өрөө тасалгааны орон зайг хөргөхөд бэрхшээлтэй байдаг ба энэ зорилгоор агаарын урсгалыг нэмэгдүүлэх нь хүний биеийг хөргөж урсгалыг нэмэгдүүлж, хөлсний хэмжээг бууруулдаг.

Тухайн орчин дахь агаарын урсгалын хурд нь дулааны ая тухтай орчныг бүрдүүлэхэд чухал ач холбогдолтой юм. Суугаа байдлаар хязгаарлагдмал орчин буюу өрөө, тасалгаанд ажил эрхэлдэг хүмүүст дотоод орчны агаарын урсгал нь байгалийн салхины нөлөөллөөс илүү хариу үйлдэл үзүүлдэг. Агаарын урсгалын хурд, харьцангуй чийгшлийн зөвшөөрөгдөх хэмжээг MNS 4990:2015 Ажлын байрны орчин, эрүүл ахуйн шаардлага стандартад дараах байдлаар заасан байна.

3-Р ХҮСНЭГТ АГААРЫН УРСГАЛЫН ХУРД, ХАРЬЦАНГУЙ ЧИЙГШИЙН ЗӨВШӨӨРӨГДӨХ ХЭМЖЭЭ

Ажлын зэрэглэл	Агаарын урсгалын хурдны зөвшөөрөгдөх хэмжээ, м/сек		Харьцангуй чийгшлийн зөвшөөрөгдөх хэмжээ, %	
	Дулааны улирал	Хүйтний улирал	Дулааны улирал	Хүйтний улирал
Хөнгөн Ia	0.1-0.2	0.1≤	28°C-д 55	30-75
Хөнгөн Ib	0.1-0.3	0.2-0.3	27°C-д 60	30-75
Дунд IIa	0.2-0.4	0.3-0.4	26°C-д 65	30-75
Дунд IIб	0.2-0.5	0.4-0.5	25°C-д 70	30-75
Хүнд III	0.2-0.6	0.5-0.6	≤24°C-д 75	30-75

III. АЖЛЫН БАЙРНЫ БИЧИЛ ЦАГ УУРЫН ҮНЭЛГЭЭНИЙ АРГА ЗҮЙ

Ажлын орчин дахь хамссан үйлчлэл нь ажлын явцад хүний биед үзүүлэх нөлөөллийн эрчмээс хамааран янз бүрийн сөрөг хүчин зүйлсийн нөлөөлөл, хэмжээгээр тодорхойлогддог. Хамссан үйлчлэл гэдэг нь хүний эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлж буй ажлын орчин дахь хэд хэдэн сөрөг хүчин зүйлсийн нийлбэр юм. Хамссан үйлчлэлийг үнэлэхдээ q-ийн утгыг ашигладаг. Энэ нь тухайн ажлын орчин дахь хүчин зүйлс зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс хэр их байгааг илэрхийлнэ [4].

$$q = \frac{F^r}{F^p} \quad (1)$$

Энд: F^r - хүчин зүйлийн хэмжигдсэн утга, F^p - хүчин зүйлийн зөвшөөрөгдөх хэмжээ.

Математик статистикийн аргыг ашигласан математик загвар нь ажиллах орчны хүчин зүйлсийн нөлөөлөл ба ажлын явцад хүний биед үзүүлэх хамссан үйлчлэлийг үнэлэх боломжийг олгодог. Аль ч зэрэглэлийн ажлын орчин нь тухай ажилтанд өдрийн туршид нөлөөллийн хүчин зүйлсийг бий болгож байдаг. Эдгээр хүчин зүйлсийн хамссан үйлчлэлийг бүх хүчин зүйлсийн F нийлбэрээр илэрхийлж болно.

$$F = F_1 + F_1 + F_1 + \dots + F_n \quad (2)$$

Энд: $F_j, j = 1, 2, \dots, n$ хүний биед нөлөөлдөг орчны хүчин зүйлүүд.

Хамссан үйлчлэлд хамаарах бүх хүчин зүйлүүд ижил хэмжээтэй байдаггүй ба энэ шалтгааны улмаас орчны нөлөөллийн хүчин зүйлс $F_j, j = 1, 2, \dots, n$ нь өөр өөрийн нөлөөллийн утгатай байдаг, нөлөөллийн утга α_j дараах нөхцөлтэй байна.

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n = 1, \alpha_j \in (0; 1), j = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

Энд: $\alpha_j, j = 1, 2, \dots, n$ нь ажлын байрны сөрөг хүчин зүйлсийн коэффициентууд [4].

Сөрөг хүчин зүйлсийн коэффициентыг $\alpha_j, j = 1, 2, \dots, n$ тодорхойлох аргын зарчмыг 4-р хүснэгтэд харуулав. Бичил цаг уурын хүчин зүйлсийн хүний биеийн хэсгүүдэд нөлөөлөх онооны үнэлгээ b_{ij} нь хүний биеийн хэсгүүд болон эрүүл мэндэд T_i нөлөөлөх орчны хүчин зүйл F_j -ээр тодорхойлогдоно.

4-р хүснэгт СӨРӨГ ХҮЧИН ЗҮЙЛСИЙН КОЭФФИЦИЕНТ $\alpha_j - \Gamma$ ТОДОРХОЙЛОХ АРГЫН ЗАРЧИМ

Биеийн хэсгүүд	Ачааллын хүчин зүйс					SUM
	F_1	F_2	F_3	...	F_n	
T_1	b_{11}	b_{12}	b_{13}	...	b_{1n}	$\sum_{j=1}^n b_{1j}$
T_2	b_{21}	b_{22}	b_{23}	...	b_{2n}	$\sum_{j=1}^n b_{2j}$
...
T_k	b_{k1}	b_{k2}	b_{k3}	...	b_{kn}	$\sum_{j=1}^n b_{kj}$
SUM	$\sum_{i=1}^k b_{i1}$	$\sum_{i=1}^k b_{i2}$	$\sum_{i=1}^k b_{i3}$...	$\sum_{i=1}^k b_{in}$	$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n b_{ij}$

Коэффициентын утгыг $\alpha_j, j = 1, 2, \dots, n$ онооны аргаар тодорхойлдог бөгөөд энэ нь 0-ээс 10 хүртэлх оноонд хуваарилагдах ба энэхүү онооны үнэлгээний түвшнийг тогтооходоо хүний биеийн хэсгүүд ба эрүүл мэндэд T_i нөлөөлөх хүчин зүйлийн F_j төрөл тус бүрийн хоорондын хавсарсан үйлчлэлийг хүний биеийн байдал, тав тух, ажлын идэвхийн түвшнээр үнэлэх замаар хэрэглэнэ [5].

$$\alpha_1 = \frac{\sum_{i=1}^k b_{i1}}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n b_{ij}}, \alpha_2 = \frac{\sum_{i=1}^k b_{i2}}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n b_{ij}}, \dots$$

$$\alpha_n = \frac{\sum_{i=1}^k b_{in}}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n b_{ij}} \quad (4)$$

Эдгээр коэффициент нь хүний биед ирж буй сөрөг хүчин зүйлсийн нөлөөллийн түвшнийг тодорхойлдог. 0-тэй ойролцоо утга нь ачааллын хүчин зүйлийн хамгийн бага нөлөөллийг илэрхийлэх ба 1-тэй ойролцоо утга нь хүчин зүйлийн хувьд мэдэгдэхүйц хүчтэй сөрөг нөлөөтэйг илэрхийлнэ.

Ажлын нөхцөлийн зэрэглэл тус бүрийн хүчин зүйлсийн зөвшөөрөгдөх утга F_j^P стандартаар тогтоогдсон байдаг ба орчны хүчин зүйл F_j –ийн утга, хүчин зүйлийн хэмжигдсэн утга F_j^F –ийг ашиглаж дараах байдлаар дотоод орчны хамссан үйлчлэлийг тодорхойлно.

$$q_c = \alpha_1 \frac{F_1^F}{F_1^P} + \alpha_2 \frac{F_2^F}{F_2^P} + \dots + \alpha_n \frac{F_n^F}{F_n^P} = \sum_{j=1}^n \alpha_j \frac{F_j^F}{F_j^P} \quad (5)$$

Энд: $\alpha_j \frac{F_j^F}{F_j^P} = 1, 2, \dots, n$ хүний биеийн

бодит хамссан үйлчлэлийн түвшнийг орчны хүчин зүйл F_j –ийн утгаар тодорхойлов.

IV. АЖЛЫН БАЙРНЫ ДОТООД ОРЧНЫ ХАМССАН ҮЙЛЧЛЭЛИЙН ҮНЭЛГЭЭ

Ажлын байрны орчны тав тух, хөдөлмөрийн бүтээмжид бичил цаг уурын үзүүлэлтүүдийн (температур, чийгшил, агаарын урсгал) үзүүлэх нөлөөллийн үнэлгээг ШУТИС-ийн Эрчим хүчний

сургууль дээр хийгдсэн “Эрчим хүчний сургуулийн хичээлийн танхимуудын агаар дахь тоосонцор, бичил цаг уурын үзүүлэлтүүдийн стандарт-нийцлийн судалгаа”-ны хэмжилтийн дүнд тулгуурлаж хийв [6].

Тус сургуулийн 2-21, 2-317, 2-416, 2-417, 2-422, 2-515 зэрэг ангиуд нь хөдөлмөрийн хэвийн нөхцөлийн хөнгөн-1а ажлын зэрэглэлийн бичил цаг уур, дотоод орчны агаарын чанарын гурван хүчин зүйлс стандарт үзүүлэлтийг хангахгүй байгааг онцлон үзэж эдгээр ангиудыг сонгов.

Словакын эрдэмтэн доктор Мария Капустовагийн боловсруулсан математик загвар болох хөлрөх, амьсгалах, сэтгэл зүйн тааламжтай байдал, сээр нуруу, бүсэлхий, сонсголын эрхтэнд нөлөөлөх сөрөг хүчин зүйлсийн нөлөөллийг онооны аргаар гаргаж авсан коэффициентын дундаж утгуудыг дээрх ангиудад хичээллэж буй хүмүүст нөлөөлөх хамссан үйлчлэлийг тооцоход ашиглав.

5-р хүснэгт Мария Капустовагийн тодорхойлсон хүчин зүйлсийн бие организмд үзүүлэх нөлөөллийн үнэлгээ

Биеийн хэсгүүд	Температур	Харьцан гуй чийглэг	Агаарын урсгал	SUM
	оноо	оноо	оноо	
Хөлрөх	9	4	2	15
Амьсгал	6	4	3	13
Сэтгэл зүйн тааламжтай байдал	7	3	3	13
Сээр нуруу, бүсэлхий	1	1	7	9
Сонсголын эрхтнүүд	0	0	6	6
SUM	23	12	21	56

Сөрөг хүчин зүйлсийн нөлөөллийн коэффициентын $\alpha_1 = 0.4107$, $\alpha_2 = 0.2143$, $\alpha_3 = 0.3750$ утгуудыг харуулав.

Дээрх хүснэгтэд тодорхойлноор ажлын орчны тав тух, тааламжтай байдалд нөлөөлдөг гол хүчин зүйл бол агаарын температур, агаарын урсгалын хурд гол нөлөөтэйг харуулсан байна. Хүснэгт №5-д үнэлэгдсэн сөрөг хүчин зүйлсийн коэффициентын онооны үнэлгээнээс харахад ажлын байрны нөхцөл, бүтээмжид агаарын температур 41%, агаарын урсгал 38%, агаарын чийгшил 21% хэмжээнд нөлөөлөл үзүүлдгийг харуулав.

Эрчим хүчний сургуульд хийсэн хэмжилтийн дүнгээр стандарт шаардлага хангахгүй байгаа 6 ангийн хүчин зүйлсийн хэмжигдсэн утга F_j^F болон хамссан үйлчлэлийн утгыг хүснэгт №6-д, хүчин зүйлсийн зөвшөөрөгдөх хэмжээний F_j^P утгуудыг хүснэгт №1, №3-д харуулав (MNS 4990:2015), хамссан үйлчлэлийн утга $q_c = 1$ байна.

6-р хүснэгт Хамссан үйлчлэл болон хүчин зүйлсийн хэмжигдсэн утга

Хэмжилт хийсэн ангийн №	Агаарын температур, °C	Харьцангуй чийгшил, %	Агаарын урсгал хурд, м/с	Хамссан үйлчлэл $q_c = 1$
2-21	17.5	17.7	0.1	0.768
2-317	19.25	27.4	0.1	0.849
2-416	26.6	27	0.1	0.889
2-417	20.85	39.5	0.1	0.916
2-422	19.55	25.7	0.1	0.850
2-515	20.71	28.5	0.1	0.882

Дээрх хүснэгтийн хамссан үйлчлэлийн утга 1-тэй тэнцүү эсвэл бага байх нөхцөлд тухайн ажлын орчин сөрөг нөлөөгүй гэж үздэг боловч 1-рүү дөхөх тусам сөрөг нөлөөллийн хамссан үйлчлэл нэмэгдэнэ гэж үзэж болно.

Дүгнэлт

Ажлын орчны тав тухыг үнэлэх нь маш чухал бөгөөд таатай нөхцөлд ажиллаж байгаа ажилтан өндөр бүтээмжтэй хариуцлагатай ажиллаж чаддаг. Энэ утгаар сургалтын байгууллагын дотоод орчны бичил цаг уурын үзүүлэлтүүдийг тогтмол хянаж сөрөг хүчин зүйлсийн нөлөөллийг бууруулах арга хэмжээг зохион байгуулж байх нь оюутан, багш, ажилчдын сургалтын чанар, хөдөлмөрийн үр дүнд чухал ач холбогдолтой.

Сургалтын байгууллагын эрхэлж буй үйл ажиллагаа нь MNS 4990:2015 Ажлын байрны орчин, эрүүл ахуйн шаардлага стандартын хөнгөн-1а ажлын зэрэглэлд хамаарна. Энэ стандартын хүчин зүйлсийн зөвшөөрөгдөх хэмжээний утгууд болон Эрчим хүчний сургуулийн хичээлийн танхимуудын агаар дахь тоосонцор, бичил цаг уурын үзүүлэлтүүдийн стандарт-нийцлийн судалгааны үр дүнгээр гарсан

хүчин зүйлсийн хэмжилтийн утгуудыг ашиглаж Мария Капустовагийн боловсруулсан математик загварын аргаар бичил цаг уурын хамссан үйлчлэлийн үнэлгээг хийв.

Хэмжилт хийсэн ангийн №	2-21	2-317	2-416	2-417	2-422	2-515
Хамссан үйлчлэл, $q_c = 1$	0.768	0.849	0.889	0.916	0.850	0.882

1-р зураг. Бичил цаг уурын хамссан үйлчлэлийн үнэлгээний үр дүн

Дээрх хүснэгт дэх хамссан үйлчлэлийн утга $q_c = 1$ нөхцөлийг хангахгүй байгаа хэдий ч үнэлгээнд хамрагдсан 2-317, 2-416, 2-417, 2-422, 2-515 тоот ангиудын хамссан үйлчлэлийн утга өндөр гарсныг анхаарч нөлөөллийн гол хүчин зүйл болох агаарын хэмийг хүйтний улиралд нэмэгдүүлэх шаардлагатай ба ингэснээр хамссан үйлчлэлийн утга буурах боломжтой байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] J. Haker, Ergonomy in industry, Bratislava: Alfa, MDT 331.015.11, 1978.
- [2] V. Kubani, Psychology of work, Presov: PU Presov, ISBN 80-88722-36-8, 1998.
- [3] M. Kapustova, "Application of mathematical methods by ecologisation of working environment in engineering operations," 2004. [Online]. Available: http://www.mtf.stuba.sk/docs/internetovy_casopis/2004/2/kapustova.pdf.
- [4] R. Hnilica, Development of framework for assessment of combined effects of risk, 2011.
- [5] Ё.Энх-Амгалан, "Эрчим хүчний сургуулийн хичээлийн танхимуудын агаар дахь тоосонцор, бичил цаг уурын үзүүлэлтүүдийн стандарт-нийцлийн судалгаа," хэвлэгдээгүй, Улаанбаатар, 2023.