

МОНГОЛ УЛСЫН СТАНДАРТ

Ангилалтын код: 13.100

Хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл мэнд. Хөдөлмөрийн эрүүл ахуй. Дулаан орчны эргономик - Дулааны ачааллын урьдчилсан тооцооны үр дүнг ашиглан дулааны хэт халалтыг шинжилгээний аргаар тодорхойлох, тайлбарлах	MNS ISO 7933:XXXX
Occupational safety and health. Occupational hygiene. Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain	MNS ISO 7933 : 2015- ын оронд

Стандарт, хэмжил зүйн газрын даргын ... оны ... дүгээр сарын ...-ны өдрийн ... дугаар тушаалаар батлав.

Энэ стандарт нь ... оны ... дүгээр сарын ...-ны өдрөөс эхлэн хүчинтэй.

1. Хамрах хүрээ

Энэ стандарт нь орчны нөлөөллөөс үүсэх дулааны хэт халалтыг шинжилгээний аргаар үнэлэх, аргачлалыг тогтоосон. Тухайн ажлын орчинд хөлрөлтийн хурд болон биеийн дотоод температурын өөрчлөлт ямар байхыг таамаглах аргыг энд тайлбарласан.

Орчны янз бүрийн үзүүлэлтүүдийн хүний биед үзүүлэх дулааны хэт халалтад нөлөөлж болохыг илэрхийлсэн ялангуяа дулааны баланс (тэнцэл)-тай холбоотой нэр томъёонуудыг таамаглалын загварт ашигласан. Тиймээс олон улсын энэ стандартад зааснаар аль нэг эсвэл бүлэг параметр (үзүүлэлт)-ийг тодорхой хэмжээнд өөрчлөх замаар физиологийн ачааллын эрсдэлийг бууруулах боломжтой болно.

Энэхүү олон улсын стандартын үндсэн зорилтуудыг дараах байдлаар тодорхойлсон. Үүнд:

- Стандарт болгон авч үзсэн хүний биеийн дотоод температур хэт ихсэх, эсвэл шингэн алдахад хүргэж болох үеийн дулааны хэт халалтыг үнэлэх;
- Физиологийн хувьд зөвшөөрөгдөх өртөлтийн хугацааг тодорхойлох (бие махбодод аливаа хор нөлөө учруулахгүй байх). Таамаглалын энэхүү горимд нөлөөллийн хугацааг “зөвшөөрөгдөх хамгийн их өртөлтийн хугацаа” гэж нэрлэнэ.

Олон улсын энэ стандартад эрүүл мэндийн хувьд хийж байгаа ажилдаа тэнцэж байгаа стандарт субъект (ажилтан)-ын үзүүлж байгаа физиологийн хариу үр дүнг таамаглах тухай авч үзсэн болно. Иймээс энэхүү стандартыг эргономикийн судлаачид, үйлдвэрийн эрүүл ахуйн ажилтнууд зэрэг ажлын орчин нөхцөлд үнэлгээ хийдэг хүмүүст зориулж гаргасан.

2. Норматив эшлэл

Энэ стандартад дараах эш татсан стандарт, баримт бичгийг хэрэглэнэ. Он заасан эшлэлийн хувьд зөвхөн эш татсан хэвлэлийг хэрэглэнэ. Он заагаагүй эшлэлийн хувьд хамгийн сүүлийн хэвлэл (нэмэлтийн хамт)-ийг хэрэглэнэ.

ISO 7726 Дулаан орчны эргономик - Тоон үзүүлэлтүүдийг хэмжих хэрэгслүүд

ISO 8996 Дулаан орчны эргономик - Бодисын солилцооны хурдыг тодорхойлох

ISO 9886 Эргономик - Физиологийн хэмжилтээр дулааны ачааллыг үнэлэх

ISO 9920 Дулаан орчны эргономик - Хувцасны дулаан тусгаарлалт ба ууранд тэсвэртэй байдлыг тооцох

3. Нэр томьёо, тодорхойлолт

3.1

Бодисын солилцооны хурд (Metabolic rate)

Хүний биед явагдах физиологийн үйл явцын үр дүнд бий болж буй энергийн хэмжээг;

3.2

Биеийн дотоод температур (Core body temperature)

Хүний биеийн төв хэсэг дэх температурын төлөв байдлыг илэрхийлнэ. Энэ температур нь дулааны тэнцвэрийн гол үзүүлэлт бөгөөд ихэвчлэн дотоод температур хэмжилтийг;

3.3

Арьсны температур (Skin temperature)

Биеийн гадаргуу дээрх дулааны төлөв байдал бөгөөд дулаан дамжуулалт болон хөлрөлтөд шууд нөлөөллийг;

3.4

Дотоод температур (internal temperature)

Биеийн дотоод температурын илүү тогтвортой, нарийвчилсан хэмжилтийг;

3.5

Дулааны нөөц (Heat storage)

Бие махбодод хуримтлагдаж буй илүүдэл дулаан. Энэ нь орчны нөлөө, бодисын солилцоо, хувцасны дулаан тусгаарлах чадварыг;

3.6

Хөлрөлтийн хурд (Sweat rate)

Биеийн дулаан зохицуулалтын үр дүнд ялгарах хөлсний хэмжээг илэрхийлнэ. Энэ нь ууршилтаар дулаан алдах гол арга хэрэгслийг;

3.7

Шаардлагатай ууршилтын дулааны урсгал (Required evaporation)

Биеийн дулааны балансыг хадгалахын тулд ууршилтаар гадагшлуулах шаардлагатай дулааны хэмжээг;

3.8**Ууршилтын дээд чадвар (Maximum evaporation)**

Арьсны гадаргуу бүрэн чийгшсэн үед ууршилтаар гадагшлуулах боломжтой дулааны дээд хэмжээг;

3.9**Хувцасны дулаан тусгаарлах чанар (Clothing insulation)**

Хувцасны дулааны эсэргүүцлийг илэрхийлэх үзүүлэлт. Энэ нь хүний биеийг гадаад орчноос тусгаарлахыг;

3.10**Конвекцийн дулаан дамжуулалт (Convective heat transfer)**

Агаарын хөдөлгөөнөөр дамжин биед болон орчинд дулаан шилжих үзэгдлийг;

3.11**Цацрагийн дулаан дамжуулалт (Radiant heat transfer)**

Бие махбодоос гадна орчин руу дулаан цацрагаар дамжих процессыг;

3.12**Ууршилтын дулааны алдагдал (Evaporative heat loss)**

Хөлрөлт, амьсгал зэрэг шингэний ууршилтаар дамжин алдагдах дулааны хэмжээг;

3.13**Дулааны стресс (Heat stress)**

Халуун орчинд ажиллах үед хүний биед үзүүлэх дулааны нийлбэр нөлөөлөл. Энэ нь физиологийн хариу урвал болон эрсдэлийг;

3.14**Таамагласан дулааны ачаалал (Predicted Heat Strain – PHS)**

Хүний биед дулааны орчин хэрхэн нөлөөлөхийг тооцоолох загвар. Энэ нь ажлын үргэлжлэх хугацаа, орчны нөхцөл, хувцас, бодисын солилцооны түвшинг;

3.15**Зөвшөөрөгдөх өртөлт (Permissible exposure duration)**

Ажилтныг эрүүл мэндэд сөрөг нөлөөгүйгээр дулааны орчинд ажиллуулах боломжтой хамгийн урт хугацааг;

3.16**Усны ууршилтын нуугдмал дулаан (Latent heat of vaporization)**

Нэгж масстай ус ууршиж дулаан авч буй хэмжээ. Энэ нь дулаан алдалтын чухал бүрэлдэхүүнийг;

3.17

Усны уурын парциаль даралт (Partial pressure of water vapor)

Агаар дахь усны уурын даралт, ууршилтад нөлөөлөх чухал үзүүлэлтийг;

3.18**Агаарын температур (Air temperature)**

Ажлын орчны дулааны төлөвийг илтгэх үндсэн хэмжигдэхүүнийг;

3.19**Цацрагийн дундаж температур (Mean radiant temperature)**

Ажилтныг хүрээлж буй гадаргуудын цацрагийн дулааны дундаж утгыг;

3.20**Агаарын урсгалын хурд (Air velocity)**

Агаарын хөдөлгөөний хурд нь конвекцийн дулаан дамжуулалтад шууд нөлөөллийг;

3.21**Хувцасны гадаргын температур (Clothing surface temperature)**

Хувцасны гадаргуу дээрх температур нь дулаан дамжуулалт болон хэрэглэгчийн мэдрэмжид нөлөөллийг;

4. Тэмдэглэгээ

Энэхүү баримт бичигт хэрэглэх тэмдэглэгээ ба товчилсон нэр томъёонуудыг “тэмдэглэгээ” гэж хэмжлийн нэгжийн хамт ISO 7726 стандартын дагуу томъёолж оруулсан.

Гэхдээ дулааны ачааллын урьдчилсан тооцооны үзүүлэлтийг танилцуулах зорилгоор зарим нэмэлт тэмдэглэгээг ашигласан.

Тэмдэглэгээний жагсаалтыг Хүснэгт 1-д бүрэн эхээр нь харуулав.

Хүснэгт 1

Тэмдэглэгээ, хэмжлийн нэгж

Тэмдэглэгээ	Нэр томъёо	Нэгж
-	Алхалтын хурдыг оруулсан бол 1, бусад тохиолдолд 0 гэж кодлох	-
-	Алхалтын чиглэлийг оруулсан бол 1, бусад тохиолдолд 0 гэж кодлох	-
α	Арьсны температурт ноогдох биеийн жингийн хувь	Тодорхой нэгж байхгүй
α_i	t_i хугацаан дахь арьс ба биеийн температурын харьцаа	Тодорхой нэгж байхгүй
α_{i-1}	t_{i-1} хугацаан дахь арьс ба биеийн температурын харьцаа	Тодорхой нэгж байхгүй
ε	Дулаан ялгаруулалтын хэсэг	Тодорхой нэгж байхгүй
θ	Алхалт болон салхины чиглэл хоорондын өнцөг	Хэм
ADu	Биеийн гадаргын хэмжээ Дюбуагийн тэгшитгэлээр	м ²

AP	Хамгаалах (дулаан ойлгох) хувцаст ноогдох биеийн гадаргын хувь	Тодорхой нэгж байхгүй
Ar	Дулааныг идэвхтэй ойлгох биеийн хувь	Тодорхой нэгж байхгүй
C	Конвекцийн дулааны урсгал	Вт/м ²
ce	Усны уурын нуугдмал дулаан	Ж/кг
Corr, cl	0,6 ба түүнээс дээш clo бүхий нийт динамик хуурай дулаан тусгаарлалтын алдаа	Тодорхой нэгж байхгүй
Corr, la	0 clo бүхий нийт динамик хуурай дулаан тусгаарлалтын алдаа	Тодорхой нэгж байхгүй
Corr, tot	Хувцасны динамик дулаан тусгаарлалтын алдаа	Тодорхой нэгж байхгүй
Corr, E	Динамик ус нэвтрүүлэлтийн индексийн алдаа	Тодорхой нэгж байхгүй
cp	Тогтмол даралтын хуурай агаарын дулаан	Ж/кг ° К
Cres	Амьсгалын замын дулааны конвекцийн урсгал	Вт/м ²
csp	Биеийн дулаан	Вт/м ² ° К
Dlim	Өртөлтийн зөвшөөрөгдөх хугацааны дээд хэмжээ	Минут
Dlim tre	Дулаан хадгалах үед өртөлтийн зөвшөөрөгдөх хугацааны дээд хэмжээ	Минут
Dlimloss50	Шингэн алдсан тохиолдолд өртөлтийн зөвшөөрөгдөх хугацааны дээд хэмжээ, дундаж субъект	Минут
Dlimloss95	Шингэн алдсан тохиолдолд өртөлтийн зөвшөөрөгдөх хугацааны дээд хэмжээ, нийт ажилчдын 95%	Минут
Dmax	Шингэн алдалтын дээд хэмжээ	Грамм
Dmax50	Дундаж субъектийг хамгаалах шингэн алдалтын дээд хэмжээ	Грамм
Dmax95	Нийт ажиллах хүчний 95%-ийг хамгаалах шингэн алдалтын дээд хэмжээ	Грамм
DRINK	Ажилтны уух усны хэмжээ хязгааргүй бол 1, бусад тохиолдолд 0 гэж кодлох	Тодорхой нэгж байхгүй
dSi	Хамгийн сүүлд ажилласан хугацаанд биед нөөцлөгдсөн дулааны хэмжээ	Вт/м ²
dSeq	Биеийн дотоод температур бодисын солилцооны улмаас өссөнтэй холбоотой үүссэн дулааны нөөц	Вт/м ²
E	Арьсны гадаргуу дээрх ууршилтын дулааны урсгал	Вт/м ²
E _{max}	Арьсны гадаргуу дээрх ууршилтын дулааны урсгалын	Вт/м ²

	хамгийн дээд хэмжээ	
E_p	Ууршилтын дулааны урсгалын таамаглал	Вт/м ²
E_{req}	Дулааны тэнцлийг хадгалахад шаардагдах ууршилтын дулааны урсгал	Вт/м ²
E_{res}	Амьсгалын замын ууршилтын дулааны урсгал	Вт/м ²
f_{cl}	Хувцастай хэсгийн хүчин зүйл	Тодорхой нэгж байхгүй
$F_{cl,R}$	Хувцасны цацрагийн дулааны солилцоог бууруулах хүчин зүйл	Тодорхой нэгж байхгүй
Fr	Дулаан ойлгогчтой хувцасны дулаан ойлгох чанар	Тодорхой нэгж байхгүй
H_b	Биеийн өндөр	Метр
h_{cdyn}	Динамик конвекцийн дулаан дамжуулалтын коэффициент	Вт/м ² ·К
h_r	Цацрагийн дулаан дамжуулалтын коэффициент	Вт/м ² ·К
$I_{a\ st}$	Статик давхаргын дулаан тусгаарлалт	м ² ·К/Вт
$I_{cl\ st}$	Статик хувцасны дулаан тусгаарлалт	м ² ·К/Вт
I_{cl}	Хувцасны дулаан тусгаарлах чанар	clo
$I_{tot\ st}$	Статик хувцасны нийт дулаан тусгаарлалт	м ² ·К/Вт
$I_{a\ dyn}$	Динамик давхаргын дулаан тусгаарлалт	м ² ·К/Вт
$I_{cl\ dyn}$	Динамик хувцасны дулаан тусгаарлалт	м ² ·К/Вт
$I_{tot\ dyn}$	Динамик хувцасны нийт дулаан тусгаарлалт	м ² ·К/Вт
im_{st}	Статик чийг нэвтрүүлэх чанарын үзүүлэлт	Тодорхой нэгж байхгүй
im_{dyn}	Динамик чийг нэвтрүүлэх чанарын үзүүлэлт	Тодорхой нэгж байхгүй
$incr$	ft-1-ээс fi хугацааны хоорондох нэмэгдсэн хугацаа	Минут
k_{Sw}	Хөлрөлтийн хурдны таамаглалын k фракц	Тодорхой нэгж байхгүй
K	Биетийн дамжуулалтын дулааны урсгал	Вт/м ²
M	Бодисын солилцооны хурд	Вт/м ²
p_a	Усны уурын парциаль даралт	Па
$p_{sk,s}$	Арьсны температурын ханасан уурын даралт	Па
R	Цацрагийн дулааны урсгал	Вт/м ²
r_{eq}	Дулааны тэнцлийг хадгалахад шаардлагатай идэвхтэй хөлрөлтийн ууршилтын хэмжээ	Тодорхой нэгж байхгүй

R_{tdyn}	Хувцасны болон агаарын давхаргын динамик ууршилтын нийт эсэргүүцэх чанар	$m^2 \cdot Pa/Wt$
S	Биеийн дулаан хуримтлуулах хэмжээ	$Вт/м^2$
Seq	Бодисын солилцооны хурдаас хамаарах биеийн дотоод температур өссөнтэй холбоотой биеийн дулаан хуримтлуулах чадвар	$Вт/м^2$
Sw_{max}	Хөлрөлтийн хамгийн дээд хэмжээ	$Вт/м^2$
Sw_p	Хөлрөлтийн таамаглалын үр дүн	$Вт/м^2$
$Sw_{p,i}$	t_i хугацаан дахь хөлрөлтийн таамаглалын үр дүн	$Вт/м^2$
$Sw_{p,i-1}$	t_{i-1} хугацаан дахь хөлрөлтийн таамаглалын үр дүн	$Вт/м^2$
Sw_{req}	Дулааны тэнцлийг хадгалахад шаардагдах хөлрөлтийн хэмжээ	$Вт/м^2$
t	Хугацаа	Минут
t_a	Агаарын температур	Цельсийн хэм
t_{cl}	Хувцасны гадаргын температур	Цельсийн хэм
t_{cr}	Биеийн дотоод температур	Цельсийн хэм
$t_{cr, eqm}$	Бусад хүчин зүйлүүд тогтвортой байх үеийн бодисын солилцооны хурдаас хамаарах биеийн дотоод температур	Цельсийн хэм
$t_{cr, eq}$	Бодисын солилцооны хурдаас хамаарах биеийн дотоод температур	Цельсийн хэм
$t_{cr, eq i}$	t_i хугацаан дахь бодисын солилцооны хурдаас хамаарах биеийн дотоод температур	Цельсийн хэм
$t_{cr, eq i-1}$	t_{i-1} хугацаан дахь бодисын солилцооны хурдаас хамаарах биеийн дотоод температур	Цельсийн хэм
$t_{cr, i}$	t_i хугацаан дахь биеийн дотоод температур	Цельсийн хэм
$t_{cr, i-1}$	t_{i-1} хугацаан дахь биеийн дотоод температур	Цельсийн хэм
t_{ex}	Амьсгалаар гарах агаарын температур	Цельсийн хэм
t_r	Цацрагийн дундаж температур	Цельсийн хэм
t_{re}	Дотоод температур	Цельсийн хэм
$t_{re, max}$	Дотоод температурын зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ	Цельсийн хэм
$t_{re, i}$	t_i хугацаан дахь дотоод температур	Цельсийн хэм
$t_{re, i-1}$	t_{i-1} хугацаан дахь дотоод температур	Цельсийн хэм

$t_{sk, eq}$	Бусад хүчин зүйлийн тогтвортой үед арьсны дундаж температур	Цельсийн хэм
$t_{sk, eq, nu}$	Бусад бүх хүчин зүйлс тогтвортой байх үеийн хувцасгүй субъектын арьсны дундаж температур	Цельсийн хэм
$t_{sk, eq, cl}$	Бусад бүх хүчин зүйлс тогтвортой байх үеийн хувцастай субъектын дундаж арьсны температур	Цельсийн хэм
$t_{sk, i}$	t_i хугацаан дахь арьсны дундаж температур	Цельсийн хэм
$t_{sk, i-1}$	t_{i-1} хугацаан дахь арьсны дундаж температур	Цельсийн хэм
V	Амьсгалын замын агааржуулалтын хурд	л/мин
v_a	Агаарын урсгалын хурд	м/с
v_{ar}	Агаарын урсгалын харьцангуй хурд	м/с
v_w	Алхалтын хурд	м/с
w	Арьсны чийгшил	Тодорхой нэгж байхгүй
W	Механик ажлын хэмжээ	Вт/м ²
W_a	Чийгшлийн харьцаа	Нэгж кг хуурай агаар дахь усны хэмжээ кг-аар
W_b	Биеийн жин	Килограмм
W_{ex}	Амьсгалын замаар гарах агаарын температурын чийгшлийн харьцаа	Нэгж кг хуурай агаар дахь усны хэмжээ кг-аар
w_{max}	Арьсны чийгшлийн дээд хэмжээ	Тодорхой нэгж байхгүй
w_p	Арьсны чийгшлийн таамаглал	Тодорхой нэгж байхгүй
w_{req}	Дулааны тэнцлийг хадгалахад шаардагдах арьсны чийгшлийн хэмжээ	Тодорхой нэгж байхгүй

5. Үнэлгээний аргачлалын зарчим

Үнэлгээ хийх, тайлбарлах аргачлалд хүний биеийн дулааны балансыг дараах хүчин зүйлсээс хамааруулан тооцдог. Үүнд:

а) Дулаан орчны үзүүлэлтүүд:

- Агаарын температур, t_a
- Цацрагийн дундаж температур, t_r
- Уурын парциаль даралт, p_a
- Агаарын урсгалын хурд, v_a

(Эдгээр үзүүлэлтүүдийг ISO 7726 стандартын дагуу тооцож хэмжинэ)

б) Ийм орчинд ажиллах хүний дундаж үзүүлэлтүүд дараах байдалтай байна.

Үүнд:

- Бодисын солилцооны хурд, M ; ISO 8996 стандартын дагуу тооцно;
- Хувцасны дулаан дамжуулах шинж чанарыг ISO 9920 стандартын дагуу тооцно.

Энэхүү стандартын тавдугаар бүлэгт дулааны тэнцлийн тэгшитгэлд тохиолдох янз бүрийн дулаан солилцооны арга болон хүний биеийн дулааны тэнцвэрийг

хадгалахад шаардагдах хөлрөлтийн хурдыг тооцох зарчмыг тайлбарласан. Эдгээрийн тоон илэрхийллийг А хавсралтад оруулсан.

Зургаадугаар бүлэгт хөлрөлтийн хэмжээ, дотоод температурын таамаглал, хөлрөлтийн таамаглалын түвшинд өртөлтийн зөвшөөрөгдөх хугацааны дээд хэмжээ болон ажил-амралтын дэглэмийг тодорхойлох боломж бүхий тайлбарлах аргачлалыг танилцуулсан. Үүнийг дараах хоёр шалгуурт үндэслэн тодорхойлно. Үүнд: Биеийн дотоод температур ихсэж болох зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ ба биеийн шингэний алдагдлын зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ. Эдгээр шалгуур үзүүлэлтүүдийн байж болох дээд утгыг В хавсралтад үзүүлсэн.

Хөлрөлтийн хэмжээ болон өртөлтийн хугацааны таамаглалын хэмжээг тогтоосон загвар (А хавсралтад санал болгосон илэрхийлэл) болон дээд хэмжээний утгаас гаргаж авсан. Үүнийг мөн физик хэмжигдэхүүнийг үнэн зөв тооцож хэмжих, мөн бодисын солилцооны түвшин болон хувцасны дулаан тусгаарлалтын нарийн тооцооноос гаргаж авна.

6. Тооцооллын үндсэн алхмууд

6.1. Дулааны тэнцлийн ерөнхий тэгшитгэл

6.1.1. Нийтлэг зүйл

Хүний биеийн дулааны тэнцлийг дараах тэгшитгэлээр тодорхойлж болно.

$$M - W = C_{res} + E_{res} + K + C + R + E + S \quad (1)$$

Энэхүү тэгшитгэлээр бодисын солилцооны хэмжээ (M)-ээс ашигтай механик чадал (W)-ыг хассантай тэнцэх биеийн дотоод дулаан амьсгалын замаар дамжин конвекц (C_{res}) болон ууршилт (E_{res})-аар дулаан солилцох, арьсны гадаргуу дээр биетийн дамжуулалт (K), конвекц (C), цацраг (R), ууршилт (E)-аар дулаан солилцох, мөн биед нөөцлөгдсөн дулааны хэмжээний нийлбэртэй тэнцдэгийг илэрхийлнэ. Тэгшитгэл (1) дэх янз бүрийн илэрхийллийг тооцоолох зарчимд нарийн дүн шинжилгээ хийсэн. (А хавсралтад илэрхийллүүдийг дэлгэрэнгүй тайлбарлав).

6.1.2. Бодисын солилцооны түвшин, M

Бодисын солилцооны түвшинг ISO 8996-д заасны дагуу тооцож хэмжинэ. Бодисын солилцооны түвшинг үнэлэх талаар С хавсралтад харуулав.

6.1.3. Ашигтай механик чадал, W

Ихэнх үйлдвэрийн нөхцөлд ашигтай механик чадал бага байдаг тулд тооцохгүй байж болно.

6.1.4. Амьсгалын замаар дамжих конвекцийн дулааны урсгал, C_{res}

Амьсгалын замаар дамжих конвекцийн дулааны урсгалыг зарчмын хувьд дараах тэгшитгэлээр илэрхийлж болно.

$$C_{res} = 0.0072 C_p \times V \times \frac{t_{ex} - t_a}{A_{Du}} \quad (2)$$

6.1.5. Амьсгалын замаар явагдах ууршилтын дулааны урсгал, E_{res}

Амьсгалын замаар явагдах дулааны ууршилтын урсгалыг зарчмын хувьд дараах тэгшитгэлээр илэрхийлж болно.

$$E_{res} = 0.0072 C_e \times V \times \frac{W_{ex} - W_a}{A_{Du}} \quad (3)$$

6.1.6. Биетийн дамжуулалтын дулааны урсгал, K

Бие махбод усгүйжих, биеийн температур ихсэх эрсдэлийн тухай энэхүү олон улсын стандартад авч үзэж байгаа тул биеийн гадаргуу дээр дулааны урсгал хатуу биеттэй хүрэлцэх замаар дулаан дамжуулагдаж байгааг тооны хувьд хатуу биеттэй хүрэлцэхгүйгээр явагддаг конвекц болон цацрагийн дулааны алдагдалтай харьцуулж болно.

Энэ тохиолдолд биетийн дамжуулалтын дулааны урсгалыг шууд тооцдоггүй. ISO 13732-1 стандартад биеийн тодорхой хэсэг халуун гадаргууд хүрэлцсэний улмаас үүсэх өвдөлт, түлэгдэлтийн эрсдэлийг тусгайлан авч үздэг.

6.1.7. Арьсны гадаргуу дээрх конвекцийн дулааны урсгал, C

Арьсны гадаргуу дээр явагдах конвекцийн дулааны урсгалыг дараах тэгшитгэлээр илэрхийлж болно.

$$C = h_{cdyn} \times f_{cl} \times (t_{sk} - t_a) \quad (4)$$

Үүнд: Хувцас ба гаднах орчны агаар хоорондын динамик конвекцийн дулааны шилжүүлэлтийн коэффициент (h_{cdyn})-д хувцасны үзүүлэлтүүд, субъектын болон агаарын хөдөлгөөн зэрэг багтсан.

D хавсралт хувцасны дулааны үзүүлэлтүүдийг тооцох зарим заалтыг танилцуулсан болно.

6.1.8. Арьсны гадаргуу дээрх цацрагийн дулааны урсгал, R Цацрагийн дулааны урсгалыг дараах тэгшитгэлээр илэрхийлж болно.

$$R = h_r \times f_{cl} \times (t_{sk} - t_r) \quad (5)$$

Үүнд: Хувцас ба гаднах орчны агаар хоорондын цацрагийн дулааны шилжүүлэлтийн дамжуулалтын коэффициент (h_r)-д хувцасны үзүүлэлтүүд, тухайн субъектийн болон агаарын хөдөлгөөн зэрэг багтсан.

6.1.9. Арьсны гадаргуу дээрх ууршилтын дулааны урсгал, E

Арьсны гадаргуу дээр явагдах ууршилтын дулааны урсгалын хамгийн дээд хэмжээ буюу E_{max} нь арьс бүхэлдээ норсон гэж таамагласан нөхцөлд үүсэж болох хамгийн дээд хэмжээ юм. Дараах тэгшитгэлээр илэрхийлнэ. Үүнд:

$$E_{max} = \frac{P_{sk,s} - P_a}{R_{tdyn}} \quad (6)$$

Үүнд: Хувцас ба агаарын давхаргын ууршилтын нийт эсэргүүцэл (R_{tdyn})-д хувцасны үзүүлэлтүүд, тухайн субъектийн болон агаарын хөдөлгөөнийг багтаасан болно. Арьс хагас норсон үед ууршилтын дулааны урсгал (E)-ыг дараах тэгшитгэлээр Вт/м²-ээр илэрхийлнэ:

$$E = w \times E_{max} \quad (7)$$

6.1.10. Бодисын солилцооноос хамаарах биеийн дотоод температурыг ихэсгэхэд зориулсан дулааны нөөц, dS_{eq}

Хувь хүний хамгийн дээд аэроб хүчин чадалд хамаарах бодисын солилцооны функц биеийн дотоод температур нь саармаг орчинд ч тайван төлөвийн утга $t_{cr, eq}$ руу тэмүүлдэг.

Биеийн дотоод температур энэхүү тайван төлөвийн утгад хоромхон зуур хүрдэг. Энэхүү өсөлттэй холбоотой дулааны нөөц dS_{eq} нь хөлрөлтөд нөлөөлөхгүй тул дулаан тэнцвэрийн тэгшитгэлээс хасах хэрэгтэй.

6.1.11. Дулааны нөөц, S

Бие махбодын дулааны нөөц дээр тодорхойлсон дулааны урсгалуудын алгебр нийлбэрээр илэрхийлнэ.

6.2.

Дулааны тэнцвэрийг хадгалахад шаардагдах ууршилтын дулааны урсгал, арьсны чийгшил, хөлрөлтийн хэмжээг тооцох

Биетийн дамжуулалтын дулааны урсгалтай холбоотой гаргасан таамаглал дээр үндэслэн дулааны тэнцлийн суурь (1) тэгшитгэлийг дараах байдлаар илэрхийлж болно.

$$E + S = M - W - C_{res} - E_{res} - C - R \quad (8)$$

Шаардлагатай ууршилтын дулааны урсгал (E_{req}) гэж бие махбодын дулааны тэнцэлт байдлыг хадгалахад шаардагдах ууршилтын дулааны урсгал бөгөөд дулааны нөөцийн хувь тэгтэй тэнцүү байна. Үүнийг дараах тэгшитгэлээр тооцно:

$$E_{req} = M - W - C_{res} - E_{res} - C - R - dS_{eq} \quad (9)$$

Шаардлагатай арьсны чийгшлийн хэмжээ (w_{req}) нь арьсны гадаргуу дээрх шаардлагатай ууршилтын дулааны урсгал болон ууршилтын дулааны урсгалын хамгийн дээд хэмжээ хоёрын харьцаагаар илэрхийлэгдэнэ.

$$W_{req} = \frac{E_{req}}{E_{max}} \quad (10)$$

Хөлрөлтийн шаардлагатай хэмжээг арьсны янз бүрийн хэсгийн чийгшлийн ялгаанаас хамааран дусалж урсаж байгаа хөлсний фракцыг авч үзсэн шаардлагатай ууршилтын дулааны урсгалыг үндэслэн тооцно. Шаардлагатай хөлрөлтийн хэмжээг дараах тэгшитгэлээр тооцно:

$$W_{req} = \frac{E_{req}}{r_{req}} \quad (11)$$

ТАЙЛБАР: Нэгж m^2 -т ногдох ваттаар илэрхийлэгдсэн хөлрөлтийн хэмжээ нь нэг цагт

нэгж м^2 талбай бүхий арьсны гадаргууд ногдох граммаар илэрхийлэгдсэн хөлсний хэмжээний дулаантай тэнцүү байна. Ердийн хүнд (биеийн гадаргуу $1,8 \text{ м}^2$) $1 \text{ W} \cdot \text{м}^{-2}$ нь $1,47 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ эсвэл $2,67 \text{ г} \cdot \text{h}^{-1}$ урсгалтай тэнцүү байна.

7. Хөлрөлтийн шаардлагатай хэмжээг тайлбарлах

7.1.

Тайлбарлах аргачлалын тухай суурь ойлголт

Санал болгож буй аналитик аргачлалаар тооцсон утгыг дулааны хэт халалтад хамаарах дараах хоёр шалгуурт үндэслэн тайлбарлана. Үүнд:

- Арьсны чийгшлийн хамгийн их хэмжээ W_{max}
- Хөлрөлтийн дээд хэмжээ SW_{max}

Мөн дараах хоёр ачааллын шалгуурыг үндэслэл болгосон. Үүнд:

- Дотоод температурын дээд хэмжээ, $t_{\text{re,max}}$
- Шингэний алдагдлын дээд хэмжээ, D_{max}

Шаардлагатай хөлрөлтийн хэмжээ (SW_{req}) нь тухайн бие махбодын хүрч болох хөлрөлтийн дээд хэмжээ (SW_{max})-ээс хэтрэх боломжгүй. Шаардлагатай арьсны чийгшлийн хэмжээ (W_{req}) тухайн бие махбодын байж болох арьсны чийгшлийн дээд хэмжээ (W_{max})-ээс хэтрэх боломжгүй. Энэ хоёр хамгийн их утга нь бие махбодын орчиндоо дасах үйл ажиллагааг илэрхийлдэг үзүүлэлтүүд юм.

Дулааны тэнцвэр тогтворжоогүй байгаа нөхцөлд дотоод температурыг дээд хэмжээ ($t_{\text{re,max}}$)-ээс хэтрүүлж болохгүй ба аливаа эмгэг үүсгэх боломжийг бүрдүүлэхгүй байх нь чухал.

Эцэст нь дулааны тэнцэл ямар ч байсан шингэний алдагдлыг D_{max} утгаас илүү гарахгүй бие махбодын ус эрдсийн тэнцвэрийг хадгалах хэмжээнд байлгана.

В хавсралтад хэт халалт (W_{max} ба SW_{max})-ын болон ачаалал ($t_{\text{re,max}}$ ба D_{max})-ын шалгууруудын лавлах утгыг танилцуулсан. Цаг уурын нөхцөлд дасан зохицсон болон зохицоогүй хүмүүсийн хувьд хамгаалалтын зэрэг [дундаж түвшин буюу 95% (сэрэмжлүүлэх) түвшин]-ээс хамааран утгууд өөр хоорондоо ялгаатай байхаар оруулсан.

7.2.

Ажлын нөхцөл байдлын шинжилгээ

Дулааны солилцоог t_i хугацаанд дараагийн цаг хугацаанд давамгайлж байгаа цагуурын болон бодисын солилцооны нөхцөлийн илэрхийлэл бүхий өмнөх тооцоог хийх хугацааны бие махбодын нөхцөлөөс гаргаж авна.

- Шаардлагатай дулааны урсгал (E_{req}), арьсны чийгшил (W_{req}), хөлрөлтийн хэмжээ (SW_{req})-г эхлээд тооцно.
- Дараа нь ууршилтын дулааны урсгал (E_p), арьсны чийгшил (W_p), хөлрөлтийн хэмжээ (SW_p)-ний таамаглалыг тооцох ба ингэхдээ бие махбодын хязгаарлагдмал байдлууд (W_{max} ба SW_{max}) болон хөлрөлтийн системийн хоромхон зуур хариу үзүүлэх чадварыг харгалзан үзнэ.
- Дулааны нөөцийн хэмжээ нь шаардлагатай ууршилтын дулааны урсгал болон түүний таамаглал хоёрын ялгаагаар тодорхойлогдоно. Энэхүү дулаан нь арьсны болон биеийн температур ихсэх ба багасахад нөлөөлнө. Дараа нь энэ хоёр

үзүүлэлтийг дотоод температурын адил тооцно.

- Эдгээр утгуудаас дараагийн хэсэг хугацаанд явагдах дулааны солилцоог тооцоолж гаргана.

Sw_p ба t_{re} -г давтан тооцох замаар улам бүр нарийн тооцож гаргана.

Энэ аргаар зөвхөн тогтмол шинж чанартай ажлын орчныг бус харин цаг уурын аливаа орчинд, эсвэл цаг хугацааны туршид өөрчлөгдөж байдаг ажлын янз бүрийн ачааллыг авч үзэх боломжтой.

7.3.

Зөвшөөрөгдөх өртөлтийн хамгийн их хугацааг тодорхойлох (D_{lim})

Дотоод температур эсвэл шингэн алдалт хоёул дээд хэмжээнд хүрснийг зөвшөөрөгдөх өртөлтийн хамгийн их хугацаа (D_{lim}) гэнэ.

- Арьсны гадаргуу дээрх ууршилтын дулааны урсгалын дээд хэмжээ E_{max} сөрөг байх буюу арьсны гадаргуу дээр уур конденсацлагдах; эсвэл
- Өртөлтийн зөвшөөрөгдөх хугацаа 30 мин хүртэл ба хөлөрч эхлэх хугацаа ууршилтаар алдах дулааныг тооцоход чухал байр суурьтай байх ажлын нөхцөл байдлын тухайд тусгай арга хэмжээг төлөвлөж, тухайн нөхцөлд ажиллаж байгаа хүний бие бялдрын байдалд хяналт тавих шаардлагатай. Энэ тохиолдолд тавих хяналт болон хэрэглэх хэмжилтийн арга техникийн тухай ISO 9886 стандартад заасан.

7.4.

Дулаан орчны ажлын зохион байгуулалт

Энэхүү олон улсын стандартыг ашиглан шаардлагатай бол ажил амралтын хуваарь, хугацааг зохицуулах янз бүрийн аргуудыг харьцуулах боломжтой.

Quick Basic дээр хийсэн компьютерын программыг E хавсралтад танилцуулсан. Үүн дээр бодисын солилцооны түвшин, хувцасны дулааны шинж чанар, цаг уурын үзүүлэлтүүд нь тодорхой байгаа ямар ч дарааллын багцыг тооцож, тайлбарлах боломжтой.

F хавсралтад A хавсралтын танилцуулсан загвар дээр үндэслэн боловсруулсан компьютерын программыг баталгаажуулахад шаардлагатай зарим өгөгдлүүд (оролтын өгөгдөл ба үр дүн)-ийг оруулсан.

А хавсралт (Норматив)

Дулааны тэнцлийн тооцоолол хийхэд шаардлагатай өгөгдөл

А.1. Тооцооллын хамрах хүрээ

Энэ хавсралтад хамгийн сүүлийн үеийн мэдээлэл дээр үндэслэсэн тоон утга, тэгшитгэлүүдийг танилцуулсан. Зарим нэг нь шинжлэх ухаан, технологи хөгжихийн хэрээр өөрчлөгдөх магадлалтай.

Энэ хавсралтад танилцуулсан алгоритмыг 8 судалгааны хүрээлэнгийн 366 талбайн туршилт, 747 лабораторийн туршилт судалгааны мэдээллийн санд үндэслэн гаргаж баталгаажуулсан. А.1 хүснэгтэд дулааны ачааллын урьдчилсан тооцооны загварыг ашиглаж болох нөхцөлүүдийг тодорхойлсон. Хэрэв аль нэг эсвэл түүнээс дээш үзүүлэлтүүд хязгаараас давсан бол энэ загварыг болгоомжтой ашиглах ба уг орчны нөлөөнд өртөж байгаа хүмүүст онцгой анхаарал хяналт тавина.

Хүснэгт А.1

Дулааны ачааллын урьдчилсан тооцооны загварын хамрах хүрээ

Үзүүлэлтүүд	Доод хязгаар	Дээд хязгаар
t_a °C	15	50
p_a kPa	0	4,5
$t_r - t_a$ °C	0	60
v_a ms ⁻¹	0	3
M W	100	450
I_{cl} clo	0,1	1,0

А.2. Амьсгалын замаар явагдах конвекцийн дулааны урсгалыг тодорхойлох, C_{res}

Амьсгалын замаар явагдах конвекцийн дулааны урсгалыг дараах эмпирик илэрхийллээр тооцож болно.

$$C_{res} = 0.00152 M (28,56 + 0,885 t_a + 0,641 p_a) \quad (A.1)$$

А.3. Амьсгалын замаар явагдах ууршилтын дулааны урсгалыг тодорхойлох, E_{res}

Амьсгалын замаар явагдах ууршилтын дулааны урсгалыг дараах эмпирик илэрхийллээр тооцож болно. Үүнд:

$$E_{res} = 0.00152 M (59,34 + 0,53 t_a - 11,63 p_a) \quad (A.2)$$

А.4. Тогтвортой үеийн арьсны дундаж температурыг тодорхойлох

Олон улсын энэхүү стандартыг хэрэглэж болох цаг уурын нөхцөлүүдийн тухайд тогтвортой үеийн арьсны дундаж температурыг ажлын нөхцөлийн үзүүлэлтийн

функц байдлаар дараах эмпирик илэрхийллийг ашиглан тооцож болно.

Нүцгэн субъектэд $t_{sk,eq\ nu} = 7,19$	$(cl \leq 0,2)$ $+0,064\ t_a$	Хувцастай субъектэд $t_{sk,eq\ cl} = 12,17$	$(cl \geq 0,6)$ $+0,020\ t_a$
	$+0,061\ t_r$		$+0,044\ t_r$
	$-0,348\ v_a$		$-0,253\ v_a$
	$+0,198\ p_a$		$+0,194\ p_a$
	$+0,000\ M$		$+0,005\ 346\ M$
	$+0,616\ t_{re}$		$+0,512\ 74\ t_{re}$

$|cl|$ -ын утга 0,2-оос 0,6-ын хооронд байгаа нөхцөлд тогтвортой үеийн арьсны дундаж температурыг энэ хоёрын утгыг ашиглан дараах байдлаар тодорхойлно:

$$t_{sk,eq} = t_{sk,eq\ nu} + 2,5 \times (t_{sk,eq\ cl} - t_{sk,eq\ nu}) \times (|cl| - 0,2) \quad (A.3)$$

A.5. Арьсны температурын утгыг тодорхой цаг мөчийн хувьд тодорхойлох

t_i хугацаан дахь арьсны температур ($t_{sk, i}$)-ыг дараах аргаар тооцож болно.

- Арьсны температурын өмнөх t_{i-1} хугацаан дахь арьсны $t_{sk, i-1}$ температураас;
- Хамгийн сүүлд тооцсон арьсны температур дээр үндэслэн таамагласан тогтвортой үеийн арьсны температур ($t_{sk, eq}$)-аас (A.4)-д өгсөн тэгшитгэлээр.

Арьсны температурын хариу үйлдлийн хугацааны тогтмол хэмжигдэхүүн нь 3 минуттай тэнцүү үед дараах тэгшитгэлийг ашиглана:

$$t_{sk, i} = 0,716\ 5\ t_{sk, i-1} + 0,283\ 5\ t_{sk, eq} \quad (A.4)$$

A.6. Бодисын солилцооны хурдтай холбоотой дулааны хуримтлалыг тодорхойлох, S_{eq}

Саармаг орчинд биеийн дотоод температур нь хувь хүний хүчин чадлын дээд хэмжээнээс хамааралтай бодисын солилцооны хурдны функц болохын хувьд нэмэгдэж байдаг.

Дундаж субъект (ажилтан)-ын хувьд энэхүү биеийн дотоод температурын тэнцвэрт байдал бодисын солилцооны хурдны функц болохын хувьд дараах илэрхийллийн дагуу ихэснэ гэж үзэж болно.

$$t_{cr, eq} = 0,003\ 6\ (M - 55) + 36,8 \quad (A.5)$$

Биеийн дотоод температур 10 минуттай тэнцэх хугацааны тогтмол бүхий энгийн системийн зүй тогтлоор тэнцвэрт байдалд шилждэг.

$$t_{cr} = 36,8 + (t_{cr, eq} - 36,8) \times \left(1 - \exp\left(\frac{-t}{10}\right)\right) \quad (A.6)$$

Энэ илэрхийллийг дараах байдлаар тайлбарлаж болно

$$t_{cr,eq\ i} = t_{cr,eq\ i-1} \times k + t_{cr,eq} \times (1 - k) \quad (A.7)$$

Энд

$$k = \exp\left(\frac{-incr}{10}\right) \text{ байна.}$$

Энэ өсөлтөд хамаарах дулааны нөөц дараах хэлбэртэй байна:

$$(dS_{eq} = C_{sp} \times (t_{cr,eq\ i} - t_{cr,eq\ i-1}) \times (1 - a)) \quad (A.8)$$

A.7. Хувцасны статик дулаан тусгаарлах шинж чанарыг тодорхойлох

Нүцгэн субъект (ажилтан)-ын хувьд агаар болон ажилтны хөдөлгөөнгүй байх тогтмол нөхцөлд дулааны солилцооны мэдрэмтгий хэсгийг ($C+R$) дараах байдлаар тооцож болно:

$$C + R = \frac{t_{sk} - t_a}{I_{tot\ st}} \quad (A.9)$$

Энд нүцгэн субъектын статик дулаан тэсвэрлэх чанар нь $0,111 \text{ м}^2 \cdot \text{К} \cdot \text{В}^{-1}$ -тэй тэнцүү гэж тооцож болно.

Хувцастай субъектын хувьд энэхүү статик дулаан тэсвэрлэх чанар ($I_{tot\ st}$)-ыг дараах байдлаар тооцож болно.

$$I_{tot\ st} = I_{cl\ st} + \frac{I_{a\ st}}{f_{cl}} f_c \quad (A.10)$$

Энд субъектын хувцастай болон хувцасгүй гадаргуугийн харьцаа (f_{cl})-г дараах байдлаар илэрхийлсэн:

$$f_{cl} = 1 + 1,97 I_{cl\ st} \quad (A.11)$$

A.8. Хувцасны динамик дулаан тусгаарлах чанарыг тодорхойлох

Хувцасны болон эргэн тойрны агаарын давхаргын дулаан тусгаарлах чанарыг идэвхтэй хөдөлгөөн болон агааржуулалтын байдал өөрчилдөг. Салхи ба хөдөлгөөн нь хоёул тусгаарлах чанарыг бууруулдаг тул тооцоололт хийхдээ үүнийг авч үзэх шаардлагатай байдаг. Хувцасны статик дулаан тусгаарлалт болон гаднах агаарын давхаргын дулаан тусгаарлалтын засварын коэффициентийг дараах тэгшитгэлээр тооцож болно. Үүнд:

$$I_{tot\ dyn} = C_{orr,tot} \times I_{tot\ st} \quad (A.12)$$

$$I_{a\ dyn} = C_{orr,la} \times I_{a\ st} \quad (A.13)$$

$$C_{orr,tot} = C_{orr,cl} = e^{(0,043 - 0,398v_{ar} + 0,066v_{ar}^2 - 0,378v_w + 0,094v_w^2)} \quad (A.14)$$

$$C_{orr,tot} = C_{orr,la} = e^{(-0,472v_{ar} + 0,047v_{ar}^2 - 0,342v_w + 0,117v_w^2)} \quad (A.15)$$

Нүцгэн хүмүүс, эргэн тойрны агаарын давхаргын хувьд $I_{cl} \geq 0,6 \text{ clo}$ бол:

$$C_{orr,tot} = (0,6 - I_{cl})C_{orr,la} + I_{cl} \times C_{orr,ct} \quad (A.16)$$

$0 \text{ clo} \leq I_{cl} \leq 0,6 \text{ clo}$ бол:

v_{ar} нь $3 \text{ м} \cdot \text{сек}^{-1}$, v_w нь $1,5 \text{ м} \cdot \text{сек}^{-1}$ -ээр хязгаарлагдана.

Алхалтын хурд тодорхойгүй эсвэл тухайн хүн зогсож байгаа үед v_w утгыг дараах

байдлаар тооцно:

$$v_w = 0,0052 (M - 58) \quad v_w \leq 0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (\text{A.17})$$

Эцэст нь $I_{cl \text{ dyn}}$ дараах байдлаар тодорхойлогдоно.

$$I_{cl \text{ dyn}} = I_{tot \text{ dyn}} - \frac{I_{a \text{ dyn}}}{f_{cl}} \quad (\text{A.18})$$

A.9. Конвекц болон цацрагийн дулааны солилцоог тооцох

Хувцас ба орчин хоорондын дулааны солилцоог илэрхийлсэн дараах тэгшитгэлээр хуурай дулаан солилцоог тооцож болно.

$$C + R = f_{cl} \times ((h_{cdyn} - (t_{cl} - t_a) + h_r \times (t_{cl} - t_r)) \quad (\text{A.19})$$

Харин арьс болон хувцасны гадаргуу хоорондын дулааны солилцоог доор харуулав.

$$C + R = \left\{ \frac{t_{sk} - t_{cl}}{I_{cl \text{ dyn}}} \right\} \quad (\text{A.20})$$

Динамик конвекцийн дулааны урсгал (h_{cdyn})-ыг хамгийн их утга байхаар дараах аргаар тооцно:

$$2,38 |t_{sk} - t_a|^{0,25} \quad (\text{A.21})$$

$$3,5 + 5,2 V_{ar} \quad (\text{A.22})$$

$$8,7 v_{ar}^{0,6} \quad (\text{A.23})$$

Цацрагийн дулаан солилцоо (h_r)-г дараах тэгшитгэлээр тооцно:

$$h_r = 6,67 \times 10^{-8} \varepsilon \times \frac{A_r}{A_{Du}} \times \frac{(t_{cl} - 273)^4 - (t_r + 273)^4}{I_{cl} - t_r} \quad (\text{A.24})$$

Цацрагийн дулаан солилцоонд арьсны гадаргуугийн ноогдох хэсэг тонгойсон байдалтай байх үеийнх A_r/A_{Du} 0,67; суугаа бол 0.70; зогсож байгаа бол 0.77 байна.

Дулаан ойлгох хувцастай бол h_r -ыг доор харуулсан $F_{cl,R}$ коэффициентээр засварлана.

$$F_{cl,R} = (1 - A_p) 0.97 + A_p \times F_r \quad (\text{A.25})$$

t_{cl} -ыг тодорхойлохын тулд $C+R$ -ыг бодох дээрх хоёр илэрхийллийг хоёуланг нь тодорхой давталттай тооцох шаардлагатай.

A.10. Арьсны гадаргуу дээрх ууршилтын дулааны урсгалын дээд хэмжээг тооцох, $E_{\max}$

Арьсны гадаргуу дээрх ууршилтын дулааны урсгалын хамгийн дээд хэмжээг дараах тэгшитгэлээр харуулав:

$$E_{max} = \frac{P_{sk,s} - P_a}{R_{tdyn}} \quad (A.26)$$

Ууршилтын эсэргүүцэх чанар (R_{tdyn})-ыг дараах тэгшитгэлээр тооцно. Үүнд:

$$R_{tdyn} = \frac{I_{tot\ dyn}}{\frac{i_{mdyn}}{16,7}} \quad (A.27)$$

Энд хувцасны динамик нэвтрүүлэх чадварын индекс (i_{mdyn}) нь агаарын болон биеийн хөдөлгөөний нөлөөллийг авч үзсэн хувцасны статик нэвтрүүлэх чадварын индекс (i_{mst})-тэй тэнцүү байна.

$$i_{mdyn} = i_{mst} \times C_{orr,E} \quad (A.28)$$

$$C_{orr,E} = 2,6C_{orr,tot}^2 - 6,5C_{orr,tot} + 4,9 \quad (A.29)$$

Энэ тэгшитгэлд i_{mdyn} нь 0,9 хүртэл байна.

A.11. Хөлрөлтийн хурд (Sw_p) болон ууршилтын дулааны урсгалын таамаглалыг (E_p) тодорхойлох

A.1 зураг дээрх урсгал диаграммаар үнэлгээг хэрхэн хийхийг харуулсан болно. Энэхүү урсгал диаграммыг дараах байдлаар тайлбарлах шаардлагатай. Үүнд:

R1: Шаардлагатай ууршилтын дулааны урсгал (E_{req}) нь ууршилтын хурдны дээд хэмжээнээс их байх тохиолдолд арьс бүхэлдээ норсон байна гэж үзэн w_{req} нь 1-ээс их байна. w_{req} нь тэгэхээр хөлөрсөн арьсны хэсгийг бус харин арьсны гадаргуу дээрх хөлсний давхаргын зузааныг илэрхийлнэ. Онолын хувьд w_{req} нь 1-ээс их байх тул ууршилтын үр ашиг нь бага байна гэж үзнэ.

$$w_{req} \leq 1 \text{ үед үр ашиг нь } r_{req} = \frac{1 - w_{req}^2}{2}$$

$$w_{req} \geq 1 \text{ үед үр ашиг нь } r_{req} = \frac{2 - w_{req}^2}{2} \text{ байна.}$$

Гэхдээ энэ утгын хамгийн доод хэмжээ 5% байна. Онолын хувьд чийгшил 1,684 байх үед ийм үр дүнтэй байна.

R2: Хөлрөлтийн хурд ямар байхыг хугацааны тогтмол нь 10 минут байх энгийн системийн үзүүлэх хариу урвалаар тайлбарлаж болно. Тэгэхээр t хугацаан дахь хөлрөлтийн хурдны таамаглалын үр дүн өмнөх хугацааны $t-1$ хугацаан дахь хөлрөлтийн хурд ($Sw_{p, i-1}$)-нд ноогдох k_{sw} хэсэг $Sw_{p,i}$ дээр хамгийн сүүлд давамгайлж байсан нөхцөлд шаардлагатай хөлрөлтийн хурд (Sw_{req}) -д ногдох $(1 - k_{sw})$ нэмсэнтэй

тэнцүү байна. $k_{sw} = \exp(-incr / 10)$

R3: Дээр тайлбарласны дагуу хөлрөлтийн хурдны таамаглалын үр дүн онолын хувьд арьсны чийгшлийн шаардлагатай хэмжээ нь 1-ээс их байж болно. Ууршилтын дулааны алдагдал нь уст давхаргын гадарга буюу биеийн гадаргаар хязгаарлагдаж байгаа тул арьсны чийгшлийн таамаглалын үр дүн нэгээс илүү байж чадахгүй. Хөлрөлтийн хурдны таамаглалын үр дүн ууршилтын дулааны урсгалын дээд хэмжээнээс хоёр дахин их болох үед ийм нөхцөл үүсдэг.

A.12. Дотоод температурыг үнэлэх

Хамгийн сүүлийн t_i хугацаан дахь дулааны нөөцийг дараах байдалтай байна:

$$S = E_{req} - E_p + S_{eq} \quad (A.30)$$

Энэ дулааны нөөц арьсны температурын өсөлтийн хамт биеийн дотоод температурыг ихэсгэж байна. Биеийн дотоод дундаж температур дахь биеийн массын хэсэг нь байна.

$$(1 - a) = 0,7 + 0,09(t_{cr} - 36,8) \quad (A.31)$$

Энэ хувь хэмжээ нь дараах хязгаарт байна.

$$0,7 \text{ for } t_{cr} < 36,8^\circ\text{C}$$

$$0,9 \text{ for } t_{cr} > 39,0^\circ\text{C}$$

A.2 зурагт (t_{i-1}) болон t_i хугацаан дахь хүний биеийн температурын тархалтыг харуулсан. Үүнээс дараах тооцооллыг хийж болно:

$$t_{cr,i} = \frac{1}{1-\frac{a}{2}} \left[\frac{dS_i}{c_p W_b} + t_{cr} - 1 - \frac{t_{cr,i-1} - t_{sk,i-1}}{2} a_{i-1} - t_{sk} \frac{a_i}{2} \right] \quad (A.32)$$

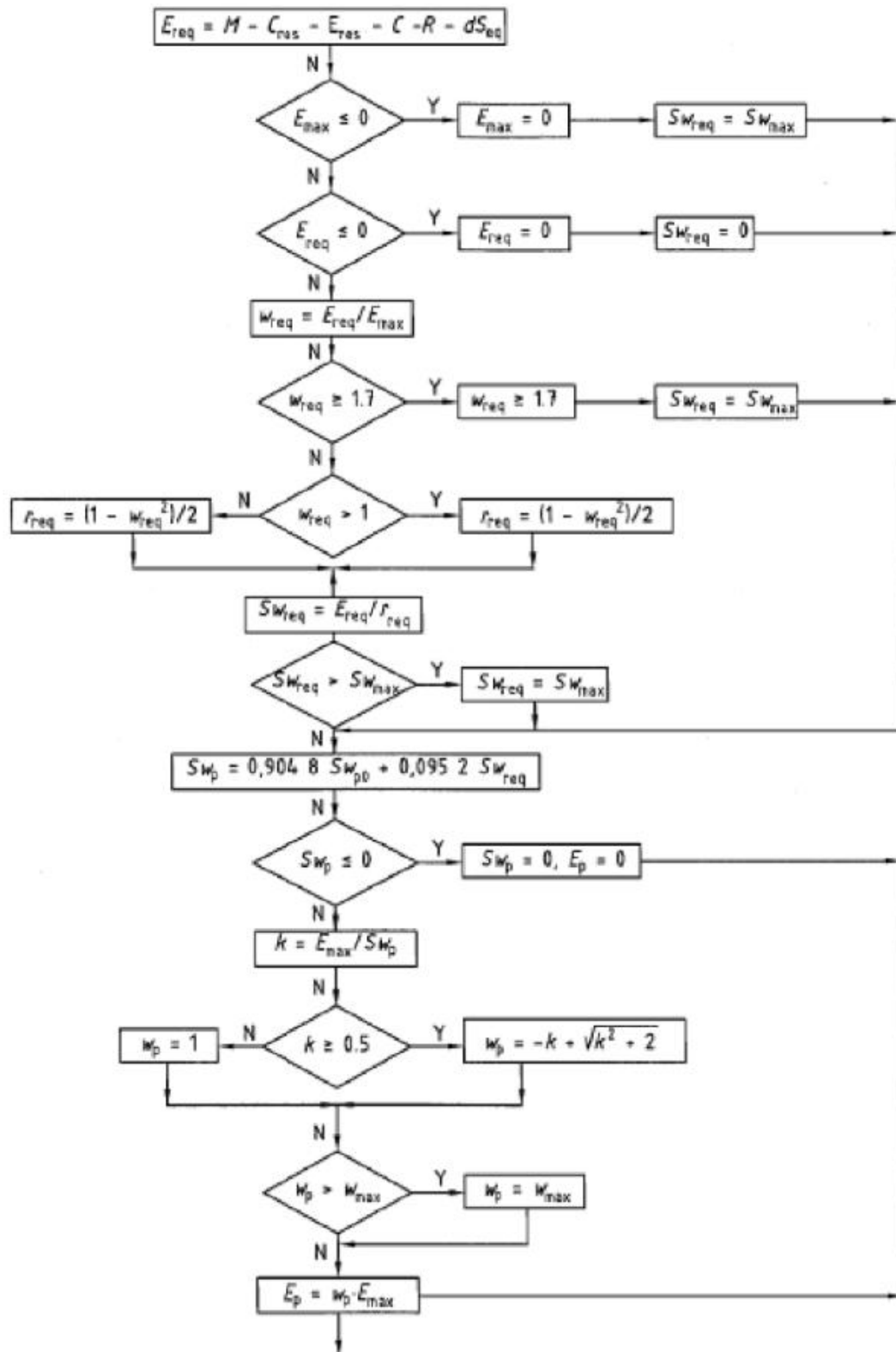
Дотоод температурыг дараах тэгшитгэлээр тооцно:

$$t_{re} = t_{re,i-1} + \frac{2 t_{cr,i-1} - 1,962 t_{re-1} - 1,31}{9} \quad (A.33)$$

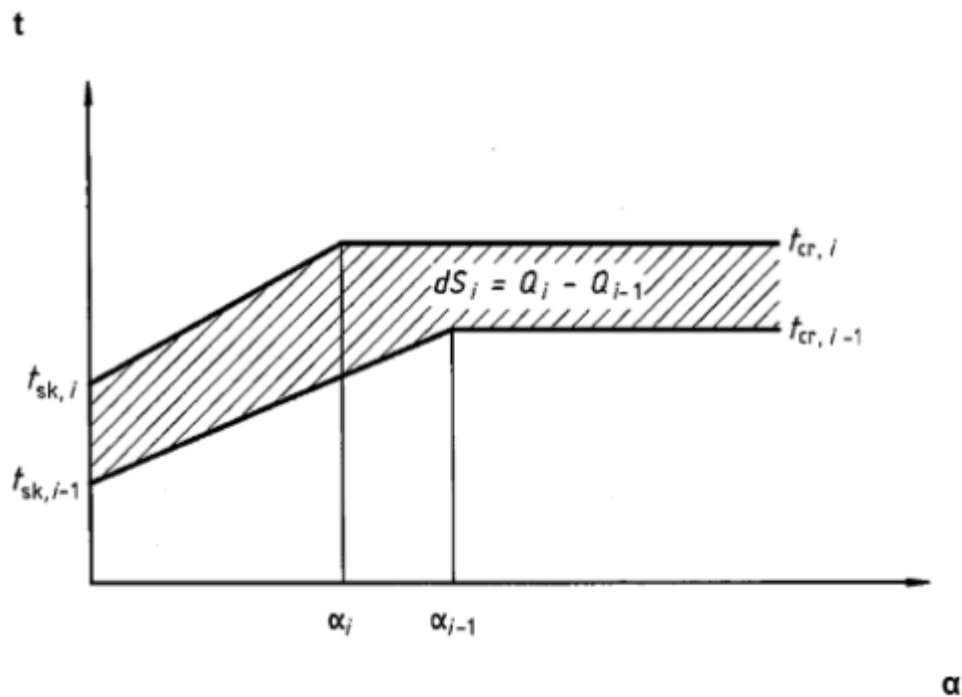
Түлхүүр:

N - үгүй

Y - тийм



Зураг А.1. Хөлрөлтийн хурдны таамаглалын үр дүн (Sw_p), ууршилтын дулааны урсгал (E_p)-ын таамаглалыг тодорхойлох урсгал диаграм



Зураг А.2. t_{i-1} болон t_i хугацаан дахь хүний биеийн дулааны нөөцийн тархалт

В хавсралт

(мэдээллийн)

Халуун ажлын орчны зөвшөөрөгдөх өртөлтийн хугацааг тооцох шалгуур**В.1. Танилцуулга**

Зөвшөөрөгдөх өртөлтийн хугацааны дээд хэмжээг тодорхойлоход дараах физиологийн шалгуур үзүүлэлтүүдийг ашиглана. Үүнд:

- Цаг уурын нөхцөлд дасан зохицсон болон зохицоогүй субъект - Чийгшлийн дээд хэмжээ, W_{max}
- Хөлрөлтийн хурдны дээд хэмжээ, SW_{max}
- Ажиллах хүчний 50% ("дундаж" эсвэл "медиан" субъект) болон 95%-ийг (хамгийн өртөмтгий субъектүүдийн төлөөлөл) авч үзэх
- Шингэн алдалтын дээд хэмжээ D_{max}
- Дотоод температурын дээд хэмжээ

В.2. Цаг уурын нөхцөлд дасан зохицсон болон зохицоогүй субъект (ажилтан)-үүд

Дасан зохицсон субъектүүд дасан зохицоогүй субъектүүдтэй харьцуулахад илүү их хэмжээний хөлсийг илүү жигд, арай эрт биеийн гадаргуугаас ялгаруулах чадвартай байдаг. Ингэснээр ажлын тодорхой нөхцөл байдлын үед дулааны хуримтлал арай бага (биеийн дотоод температур арай бага), зүрх судасны үйл ажиллагааны өөрчлөлт бага (зүрхний цохилтын тоо арай бага) байна. Үүнээс гадна хөлөрдөг ч гэсэн хөлсөөр давсаа алдах нь арай бага байдаг тул шингэний алдагдлыг тэсвэрлэх чадвар нь илүү байдаг.

Тиймээс дасан зохицсон болон дасан зохицоогүй ажилтнуудын хоорондын ялгаа чухал нөлөөтэй байдаг. Энэ нь W_{max} , SW_{max} -д хамаарна.

В.3. Арьсны чийгшлийн дээд хэмжээ, W_{max}

Дасан зохицоогүй субъектийн хувьд арьсны чийгшлийн дээд хэмжээ 0,85 ба дасан зохицсоны хувьд 1,0 гэж тогтоосон.

В.4. Хөлрөлтийн хурдны дээд хэмжээ, SW_{max}

Хөлрөлтийн хурдны дээд хэмжээг дараах тэгшитгэлээр тооцож болно: $SW_{max} = 2,6 (M-32) \times A_{Du} \text{ g} \cdot \text{h}^{-1}$ нь $650 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1}$ -ээс $1000 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1}$ -ийн хооронд эсвэл

$SW_{max} = (M-32) \times A_{Du} \text{ W} \cdot \text{h}^{-2}$ нь $250 \text{ W} \cdot \text{h}^{-2}$ -оос $400 \text{ W} \cdot \text{h}^{-2}$ -ийн хооронд

Дасан зохицсон субъектийн хувьд хөлрөлтийн хурдны дээд хэмжээ нь дасан зохицоогүй субъектүүдийнхтэй харьцуулахад дунджаар 25% хувиар илүү байна.

В.5. Усгүйжилт болон шингэн алдалтын дээд хэмжээ

Бие махбод шингэнийхээ 3%-ийг алдахад зүрхний цохилтын тоо олширч, хөлрөлт мэдрэх чадвар алдагддаг тул үйлдвэрлэлийн салбарт (зэвсэгт хүчин болон тамирчдад хамаарахгүй) үүнийг усгүйжилтийн дээд хэмжээ гэж тогтоосон.

Ийм нөхцөлд 4-8 цагийн турш ажиллахад нийт ялгаруулсан хөлсний хэмжээнээс үл хамааран алдсан шингэнийхээ 60 хувийг дунджаар нөхөх чадвартай байдаг ба энэ нь нийт тохиолдлуудын 95 хувьд 40 хувь байдгаас их байна.

Эдгээр тоо мэдээлэлд үндэслэн шингэн алдалтын дээд хэмжээг дараах байдлаар тогтоосон. Үүнд:

- Дундаж субъектийн ($D_{\max 50}$) хувьд биеийн жингийн 7,5%; эсвэл
- Нийт ажиллагсдын 95 хувьд ($D_{\max 95}$) биеийн жингийн 5%.

Тиймээс шингэн чөлөөтэй уух боломжтой үед ($DRINK=1$) зөвшөөрөгдөх өртөлтийн дээд хугацааг дундаж субъектэд шингэн алдалтын дээд хэмжээ нь биеийн жингийн 7,5% байхаар, харин нийт ажиллагсдын 95%-ийг хамгаалахын тулд шингэн алдалтын дээд хэмжээ биеийн жингийн 5% байхаар тус тус тооцно.

Хэрвээ усаар хангаагүй бол ($DRINK=0$) шингэн алдалтын нийт хэмжээг 3%-иас хэтрүүлж болохгүй.

В.6. Дотоод температурын дээд хэмжээ

ДЭМБ-ын 412 дугаар техникийн тайлан (1969 он)-д өгсөн зөвлөмжийн дагуу “дотоод температурт үндэслэн лабораторид богино хугацаанд хэт их халалтад өртөх боломжтой хугацааг тогтоох” ба “биеийн дотоод температур 38°C ээс дээш болох хүнд ажлыг өдөр тутамд уртасгасан хугацаагаар гүйцэтгүүлэхгүй байхыг зөвлөсөн”. Тодорхой нөхцөлд ажиллах хэсэг бүлэг ажилтнуудын хувьд дундаж дотоод температур 38°C байх үед дотоод температурын хүрч болох хамгийн дээд хэмжээ дараах магадлалтай байна. Үүнд:

- 42°C хүрэх тохиолдол 10^{-7} -оос бага байна (40 жилд 1000 ажилтан тутамд нэг хүртэл удаа байна) (жилийн 250 өдрөөр тооцоход);
- $39,2^{\circ}\text{C}$ хүрэх тохиолдол 10^{-4} -өөс бага (10 000 ээлжид эрсдэлд өртөх хүн 1 хүртэл байна).

С хавсралт

(Мэдээллийн)

Бодисын солилцооны хурд

Бодисын солилцооны хурдыг тодорхойлох аргачлалыг ISO 8996 стандартад танилцуулсан. С.1, С.2, С.3 хүснэгтэд янз бүрийн үйл ажиллагааны хувьд бодисын солилцооны хурдыг тооцоолох гурван төрлийн аргачлалыг тайлбарласан.

Хүснэгт С.1

Үйл ажиллагааны төрлөөс хамаарсан бодисын солилцооны хурдны ($W \cdot m^{-2}$ үед) ангилал (ISO 7243^[8] стандартаас тохируулан авав). Бодисын солилцооны хурдыг дунджаар 60 минут тасралтгүй ажиллах нөхцөлд тодорхойлсон.

Ангилал	$W \cdot m^{-2}$	Жишээ
Амралт	70	Суугаа, босоо байдалд амрах
Хэт хөнгөн ажил	90	Хөнгөн гар ажил (бичих, шивэх, зурах), гар ажил (жигжиг гар багаж, үзлэг шалгалт хийх, хөнгөн материалыг угсрах, ангилах)
Хөнгөн ажил	115	Гарын шууны чадал шаардсан ажил (хэвийн нөхцөлд автомашин жолоодох, хөл гишгүүр, сэлгүүр ажиллуулах), бага зэрэг хүч шаардсан багаж хэрэгсэлтэй ажиллах, нааш цааш хөнгөн холхих шаардлагатай ажлууд
Дунд зэргийн ачаалалтай ажил	145	Гарын сарвуу, шууны удаан үргэлжлэх ажил (хадаас хадах, хуурайгаар ажил хийх), гар хөлийн ажиллагаа (ачааны машин, трактор, барилгын тоног төхөөрөмжийг шороон зам дээр ажиллуулах)
Дунд зэргээс их ачаалалтай ажил	175	Шуу, их биеийн ажиллагаа (хийн алхтай ажиллах, трактор, үе үе дунд зэрэг хүнд материалыг зөөвөрлөх, хөнгөн жинтэй тэргэнцэр, дугуйт түрдэг тэргийг түлхэх, татах, 4-5 км/цаг хурдтай алхах, цаснаа явагч жолоодох)
Ачаалал ихтэй ажил	200	Гарын шуу, их биеийн эрчимтэй ажиллагаа, хүнд материал өргөх, хүрздэх, лантуутай ажиллах, гар хөрөөгөөр мод хөрөөдөх, гараар өвс хадах, газар ухах, 5-6 км/цаг хурдтай алхах Хүнд ачаа ачсан тэргэнцэр, дугуйт түрдэг тэргийг татах, эсвэл түлхэх, бетоноор цутгасан зүйлийг хагалах, бетон блок цутгах, цас их орсон хэсэгт цаснаа явагч жолоодох
Хэт өндөр ачаалалтай ажил	>230	Маш их эрчимтэй ажлыг хурдан, хамгийн дээд хурдаар гүйцэтгэх, сүхээр ажил гүйцэтгэх, эрчимтэй хүрздэх, газар ухах ажил, шат, налуу гарц, аваарын шатаар авирах, ойрхон ойрхон хурдан алхах, гүйх, 6 км/цаг-аас илүү хурдтай алхах, их орсон хунгар цасанд алхах

Хүснэгт С.2

Бодисын солилцооны хурд биеийн ямар хэсэг оролцож байгаагаас хамаарах функц ба ажил гүйцэтгэхэд оролцож буй биеийн хэсгийн чадал ($W \cdot m^{-2}$)

Ажил гүйцэтгэхэд оролцож байгаа биеийн хэсэг	Ажил		
	Хөнгөн	Дунд зэрэг	Хүнд
Хоёр сарвуу	65	85	95
Нэг шуу	100	120	140
Хоёр шуу	135	150	165
Бүтэн бие	190	255	345

Хүснэгт С.3

Зарим ажил гүйцэтгэх үеийн бодисын солилцооны хурд ($W \cdot m^{-2}$ хувьд)

Хийх ажил	$W \cdot m^{-2}$
Унтах	40
Суугаа байрлалтай амрах	55
Зогсоо байрлалтай амрах	70
Нэг түвшинд, тэгш, хатуу зам дээр алхах 1. Ачаагүй: 2 км/цаг хурдтай 3 км/цаг хурдтай 4 км/цаг хурдтай 5 км/цаг хурдтай 2. Ачаатай: 10 кг ачаатай 4 км/цаг хурдтай 30 кг ачаатай 4 км/цаг хурдтай	110 140 165 200 185 250
Өгсүүр газар, тэгш, хатуу зам дээр алхах 1. Ачаагүй: 5° налуу газар, 4 км/цаг хурдтай 15° налуу газар, 3 км/цаг хурдтай 25° налуу газар, 3 км/цаг хурдтай 2. 20 кг ачаатай: 15° налуу газар, 4 км/цаг хурдтай 25° налуу газар, 4 км/цаг хурдтай	180 210 300 270 410
Газрын уруу 5 км/цаг хурдтай, ачаагүй алхах: 5° налуу газар 15° налуу газар 25° налуу газар	135 140 180
70° налууд шатаар 11,2 м/мин хурдтай өгсөх: Ачаагүй 20 кг ачаатай	290 360
Тэвштэй тэргийг 3,6 км/цаг хурдтай тэгш, хатуу зам дээр түрэх,	290

чирэх:	
Түрэх хүч: 12 кг Чирэх хүч: 16 кг	375
Резинэн дугуйтай түрдэг тэргэнцрийг тэгш зам дээр 4,5 км/цаг хурдтай 100 кг ачаатай түрэх	230
Төмөр хуурайдах: 1 минутад 42 таталт 1 минутад 60 таталт	100 190
Алхаар цохих, 2 гараараа, 4,4 кг жинтэй алх, минутад 15 удаа цохилт хийх	290
Мужааны ажил: Гараар хөрөөдөх Техникээр хөрөөдөх Гараар бэлтгэх	220 100 300
Өрлөг хийх (минутад 5 тоосго)	170
Эрэг боолтоор боох	100
Шуудуу ухах	290
Машины эд анги дээр ажиллах: Хөнгөн (тохируулах, угсрах) Дунд зэрэг (ачих) Хүнд	100 140 210
Гар багажтай ажиллах: Хөнгөн (хөнгөн зүлгэх) Дунд зэрэг (зүлгэх) Хүнд (өрөмдлөг хийх)	100 160 230

D хавсралт

(Мэдээллийн)

Хувцасны дулааны шинж чанар**D.1. Ерөнхий зүйл**

Хувцасны дулааны дараах шинж чанаруудыг авч үзнэ. Үүнд:

- Дулаан тусгаарлах чанар;
- Дулааны цацраг ойлгох чанар;
- Уур нэвтрүүлэх чанар.

D.2. Дулаан тусгаарлах чанар

Дулаан тусгаарлах чанарыг clo-оор илэрхийлнэ. Хүснэгт D.1-д зарим хувцасны дулаан тусгаарлах чанарын суурь утгыг танилцуулсан.

Хүснэгт D.1

Зарим хувцасны дулаан тусгаарлах чанарын суурь утгууд

Хувцас	Icl clo
Богино өмд, богино ханцуйтай цамц, бариу өмд, өвдөг хүрсэн урт оймс, гутал	0,5
Дотуур өмд, цамц, бариу өмд, оймс, гутал	0,6
Дотуур өмд, ажлын комбинзон, оймс, гутал	0,7
Дотуур өмд, цамц, ажлын комбинзон, оймс, гутал	0,8
Дотуур өмд, цамц, өмд, ажлын халад, оймс, гутал	0,9
Богино өмд, дотуур цамц, дотуур өмд, цамц, халад, өвдөг хүрсэн урт оймс, гутал	1,0
Дотуур өмд, дотуур цамц, цамц, өмд, хүрэм, хантааз, оймс, гутал	1,1

D.3. Хувцасны дулааны цацрагийг ойлгох чанар

Хүснэгт D.2-д дулааны цацраг ойлгох хөнгөн цагаанаар бүрсэн тусгай материалуудын ойлгох коэффициент (F_r)-ыг харуулсан байна.

Хүснэгт D.2

Зарим тусгай материалуудын ойлгох коэффициент, F_r

Материал	Боловсруулалт	F_r
Хөвөн даавуу	Хөнгөн цагаан будагтай	0,42
Вискоз	Гялтгар хөнгөн цагаан тугалган цаастай	0,19
Арамид	Гялтгар хөнгөн цагаан тугалган	0,14

(Кевлар)	цаастай	
Ноос	Гялтгар хөнгөн цагаан тугалган цаастай	0,12
Хөвөн даавуу	Гялтгар хөнгөн цагаан тугалган цаастай	0,04
Вискоз	Хөнгөн цагаанаар вакум металжуулалт хийсэн	0,06
Арамид	Хөнгөн цагаанаар вакум металжуулалт хийсэн	0,04
Ноос	Хөнгөн цагаанаар вакум металжуулалт хийсэн	0,05
Хөвөн даавуу	Хөнгөн цагаанаар вакум металжуулалт хийсэн	0,05
Шилэн хөвөн	Хөнгөн цагаанаар вакум металжуулалт хийсэн	0,07

Ойлттой хувцсаар бүрхэгдсэн биеийн хэсэгт дулааны нөлөөллийг бууруулах боломжтой. Хүснэгт D.3-т тухайн биеийн хэсгийг (A_p) тооцох мэдээллийг үзүүлсэн.

Хүснэгт D.3

Биеийн хэсгүүдийн биеийн нийт гадаргууд хамаарах харьцаа

Биеийн хэсэг	A_p
Толгой, нүүр	0,07
Цээж, хэвлий	0,175
Нуруу	0,175
Гар	0,14
Сарвуу	0,05
Гуя	0,19
Хөл	0,13
Тавхай	0,07

D.4. Хувцасны уур нэвтрүүлэх чанар

Хувцасны уурыг тэсвэрлэх чанар тухайн материалын уурын даралт нэвтрүүлэх чанараас ихээхэн хамаарах ба үүнийг статик чийг нэвтрүүлэх индекс (i_{mst})-ээр тодорхойлж болно. Олон улсын энэ стандарт тусгай хувцас хэрэгсэлд хамаарахгүй тул i_{mst} -ийн дундаж утга (0,38)-ыг хэрэглэж болно.

Е хавсралт

(Мэдээллийн)

Дулааны ачааллын урьдчилсан тооцоог гаргах компьютерын программ**Е.1. Ерөнхий зүйл**

Хүснэгт 1-д өгсөн тэмдэглэгээнүүд болон дараах компьютерын программд ашигласан тэмдэглэгээнүүдийн хоорондын уялдааг Хүснэгт Е.1-д дэлгэрэнгүй байдлаар харуулав.

Дулааны ачааллыг урьдчилсан тооцох программын цахим хувилбарыг дараах вэб хуудаснаас татаж авах боломжтой.

<http://www.md.ucl.ac.be/hytr/new/Download/iso7933n.txt>

Хүснэгт Е.1

Хүснэгт 1-д өгөгдсөн тэмдэглэгээнүүд болон компьютерын програмд ашиглагдсан тэмдэглэгээнүүдийн дүйц

Тэмдэг	Программын тэмдэг	Тэмдэг	Программын тэмдэг	Тэмдэг	Программын тэмдэг
---	defspeed	$F_{cl,R}$	F_{clR}	$t_{cr,eq\ i-1}$	T_{creq0}
---	defdir	Fr	Fr	$t_{cr,i}$	T_{cr}
α	---	H_b	height	$t_{cr,i-1}$	T_{cr0}
ai	$T_{skTcrw\ g}$	h_{cdyn}	H_{cdyn}	t_{ex}	T_{exp}
$ai-1$	$T_{skTcrw\ g0}$	hr	H_r	tr	T_r
ε	---	$la\ st$	last	tre	---
θ	Theta	$lcl\ st$	$lclst$	tre, max	---
ADu	Adu	lcl	lcl	tre, i	T_{re}
Ap	Ap	$ltot\ st$	$ltotst$	$tre, -1$	T_{re0}
Ar	$Ardu$	$la\ dyn$	$ladun$	tsk, eq	T_{skeq}
C	Conv	$lcl\ dyn$	lcl_{dyn}	$tsk, eq\ nu$	T_{skeqnu}
ce	---	$ltot\ dyn$	$ltotdyn$	$tsk, eq\ cl$	T_{skeqcl}
Corr,cl	COR_{cl}	$imst$	$imst$	tsk,i	T_{sk}
Corr,la	COR_{ia}	$imdyn$	$imdyn$	$tsk,i-1$	T_{sk0}
Corr,tot	COR_{tot}	$incr$	$incr$		

Corr,E	CORe	K	---	V	---
cp	---	M	Met	va	Va
Cres	Cres	pa	Pa	wv	Walksp
csp	spHeat	psk,s	Psk	var	Var
Dlim	Dlim	R	Rad	w	w
Dlim tre	Dlimtre	$rreq$	Eveff	W	Work
Dlimloss 50	Dlimloss 50	$Rtdyn$	Rtdyn	Wa	---
Dlimloss 95	Dlimloss 95	S	---	Wb	weight
Dmax	Dmax	Seq	---	Wex	---
Dmax50	Dmax50	Swmax	SWmax	wmax	wmax
Dmax95	Dmax95	Swp	---	wp	wp
DRINK	DRINK	Swp,i	SWp	wreq	wreq
dSi	dStorage	$Swp,i-1$	SWp0		
dSeq	dStoreq	Swreq	SWreq		
E	---	t	t		
E _{max}	E _{max}	ta	Ta		
E _p	E _p	tcl	Tcl		
E _{req}	E _{req}	tcr	Tcr		
E _{res}	E _{res}	tcr,eqm	Tcreqm		
fcl	fcl	$tcr,eq i$	Tcreq		

Е.2. Программ

'ЭХЛҮҮЛЭХ

CLS

' Хэрэглэгч программын энэ хэсэгт дараах үзүүлэлтүүд ашиглахад бэлэн байгаа эсэхийг магадална.

' Шаардлагатай бол стандарт утгуудыг бодит утгаар орлуулж болно.

' Шингэн нөхөх ус хангалттай байх ёстой гэж үзэн ажилтнууд чөлөөтэй шингэн уух боломжтой (DRINK=1), бусад тохиолдолд утгыг DRINK=0 гэж оруулна.

weight = 75: ' биеийн жин, килограмм

height = 1.8: ' биеийн өндөр, метр

Adu = .202 * weight^{.425} * height^{.725}

spHeat = 57.83 * weight / Adu

SWp = 0

SWtot = 0: Tre = 36.8: Tcr = 36.8: Tsk = 34.1: Tcreq = 36.8: TskTcrwg = .3 Dlimtre = 0:
 Dlimloss50 = 0: Dlimloss95 = 0
 Dmax50 = .075 * weight * 1000
 Dmax95 = .05 * weight * 1000
 ' ИЛТГЭГЧ ЗЭРЭГ ДУНДАЖ ТОГТМОЛ УТГА
 ' Дотоод температур нь бодисын солилцооны хурдны илэрхийлэл болно: хугацааны
 тогтмол утга: 10 минут
 ConstTeq = EXP(-1 / 10)
 ' Арьсны температур: хугацааны тогтмол утга: 3 минут
 ConstTsk = EXP(-1 / 3)
 ' Хөлрөлтийн хурд: хугацааны тогтмол утга: 10 минут
 ConstSW = EXP(-1 / 10)
 Үргэлжлэх хугацаа = 480: 'ажлын дарааллын үргэлжлэх хугацаа, минутаар FOR
 хугацаа = 1 TO үргэлжлэх хугацаа
 ' ЭХЛҮҮЛЭХ MIN PER MIN
 Tsk0 = Tsk: Tre0 = Tre: Tcr0 = Tcr: Tcreq0 = Tcreq: TskTcrwg0 = TskTcrwg ' АНХДАГЧ
 ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮДИЙГ ОРУУЛАХ
 ' Хэрэглэгч программын энэ хэсэгт дараах үзүүлэлтүүд хэрэглэхэд бэлэн байгаа
 эсэхийг шалгах шаардлагатай.
 ' Хэрэглэгч программыг хурдан шалгахын тулд ISO 7933 стандартын E хавсралтад
 байгаа өгөгдлийг эхний ээлжид ашиглана.
 Ta = 40: 'агаарын температур, цельсийн градус
 Tr = 40: 'цацрагийн дундаж температур, цельсийн градус
 Pa = 2.5: 'усны уурын парциаль даралт, килопаскаль
 Va = .3: 'агаарын хөдөлгөөний хурд, м/сек
 Met = 150: 'бодисын солилцооны хурд, ватт/м2
 Work = 0: 'ашигтай механик чадал, ватт/м2
 'Биеийн байрлал =1 суугаа, =2 зогсоо, =3 бөхийсөн байрлал = 2
 lcl = .5: 'статик дулаан тусгаарлах чанар, clo
 imst = .38: 'статик чийгшил нэвтрүүлэх чанарын индекс, хэмжих нэгж байхгүй
 Ap = .54: 'ойлттой хувцсаар бүрхэгдсэн биеийн хэсгийн фракц, хэмжих нэгж байхгүй
 Fr = .97: 'ойлттой хувцасны дулаан ойлгох чанар, хэмжих нэгж байхгүй '(тогтмолоор:
 Fr=0.97)
 'Ardu хэмжих нэгж байхгүй
 defspeed = 0: 'алхалтын хурд оруулсан бол =1-р, бусад тохиолдолд 0 гэж кодлох
 Walksp = 0: 'алхалтын хурд, м/сек
 defdir = 0: 'алхалтын чиглэл оруулсан бол =1, бусад тохиолдолд 0 гэж кодлох THETA
 = 0: 'алхалтын чиглэл, салхины чиглэлийн хоорондын өнцөг accl = 100: 'code =100
 дасан зохицсон субъект 1, бусад тохиолдолд 0 ' Биеийн дулаан идэвхтэй ойлгох
 хэсэг
 Байрлал = 1 БОЛ Ardu = .7
 Байрлал = 2 БОЛ Ardu = .77
 Байрлал = 3 БОЛ Ardu = .67
 ' БОДИСЫН СОЛИЛЦООНЫ ХУРДНЫ ИЛЭРХИЙЛЭЛ БОЛОХ ХӨЛРӨЛТИЙН
 ХУРДНЫ ДЭЭД ХЭМЖЭЭГ ҮНЭЛЭХ
 SWmax = (Met - 32) * Adu

ХЭРЭВ $SW_{max} > 400$ БОЛ $SW_{max} = 400$

ХЭРЭВ $SW_{max} < 250$ БОЛ $SW_{max} = 250$

' Дасан зохицсон субъектийн хувьд ($accl=100$), хөлрөлтийн хамгийн их хэмжээ 25%-иар их байж болно.

ХЭРЭВ $accl \geq 50$ БОЛ $SW_{max} = SW_{max} * 1.25$

ХЭРЭВ $accl < 50$ БОЛ $W_{max} = .85$ эсвэл $W_{max} = 1$

' БОДИСЫН СОЛИЛЦООНЫ ХУРДААС ХАМААРАХ БИЕИЙН ДОТООД ТЕМПЕРАТУРЫН ТЭНЦВЭРТ БАЙДАЛ

$T_{creqm} = .0036 * (Met-55) + 36.8$

' Энэ хугацаан дахь биеийн дотоод температур, илтгэгч зэргээр $T_{creq} = T_{creq0} * ConstTeq + T_{creqm} * (1 - ConstTeq)$

' Биеийн дотоод температурын өсөлтөд хамаарах сүүлчийн минутад үүсэх дулааны нөөц

$dStoreq = spHeat * (T_{creq} - T_{creq0}) * (1 - TskTcrwg0)$

' АРСНЫ ТЕМПЕРАТУРЫН ТААМАГЛАЛ

' Тэнцвэрт үеийн арьсны температур

' Хувцастай загвар

$Ts_{eqcl} = 12.165 + .02017 * Ta + .04361 * Tr + .19354 * Pa - .25315 * Va$
 $Ts_{eqcl} = Ts_{eqcl} + .005346 * Met + .51274 * Tre$

' Хувцасгүй загвар

$Ts_{eqnu} = 7.191 + .064 * Ta + .061 * Tr + .198 * Pa - .348 * Va$

$Ts_{eqnu} = Ts_{eqnu} + .616 * Tre$

' Энэ хугацааны утга, хувцасны тусгаарлах чанарыг илэрхийлэх ХЭРЭВ $I_{cl} \geq .6$ БОЛ
 $Ts_{eq} = Ts_{eqcl}$: GOTO Tsk

ХЭРЭВ $I_{cl} \leq .2$ БОЛ $Ts_{eq} = Ts_{eqnu}$: GOTO Tsk

' $0.2 < clo < 0.6$ үед хувцастай болон хувцасгүй загварын утгуудын завсар утга оруулах

$Ts_{eq} = Ts_{eqnu} + 2.5 * (Ts_{eqcl} - Ts_{eqnu}) * (I_{cl} - .2)$

' Энэ хугацаан дахь арьсны температур, илтгэгч зэргээр

Tsk:

$Tsk = Tsk0 * ConstTsk + Ts_{eq} * (1 - ConstTsk)$

' Арьсны гадаргуу дээрх ханасан уурын даралт

$Psk = .6105 * EXP(17.27 * Tsk / (Tsk + 237.3))$

' ДУЛААНЫ СОЛИЛЦООНЫ КОЭФФИЦИЕНТЭД ХУВЦАСНЫ ҮЗҮҮЛЭХ НӨЛӨӨ '
 Статик хувцасны дулаан тусгаарлах чанар

$I_{clst} = I_{cl} * .155$

' Хувцастай хэсгийн хүчин зүйл

$f_{cl} = 1 + .3 * I_{cl}$

' Статик орчны агаарын давхаргын дулаан тусгаарлалт

$last = .111$

' Нийт статик дулаан тусгаарлалт

$I_{totst} = I_{clst} + last / f_{cl}$

' Агаарын хөдөлгөөний хурд ба хөдөлгөөнөөс хамаарах харьцангуй хөдөлгөөний хурд

ХЭРЭВ $defspeed > 0$ БОЛ

$defdir = 1$ БОЛ

```

' Нэг чиглэлд алхах
Var = ABS(Va - Walksp * COS(3.14159 * THETA / 180))
БУСАД
' Бүх чиглэлд алхах
ХЭРЭВ Va < Walksp БОЛ Var = Walksp ELSE Var = Va
ДУУСАХ ХЭРЭВ
БУСАД
' Зогсож байгаа эсвэл хурд нь тодорхойгүй
Walksp = .0052 * (Met-58): ХЭРЭВ Walksp > .7 БОЛ Walksp = .7
Var = Va
ДУУСАХ ХЭРЭВ
' Динамик хувцасны дулаан тусгаарлах чанар
' салхи (Var), алхалтын (Walksp) нөлөө тооцох хувцасны дулаан тусгаарлах
чанарын алдаа
Vaux = Var: ХЭРЭВ Var > 3 БОЛ Vaux = 3
Waux = Walksp: ХЭРЭВ Walksp > 1.5 бол Waux = 1.5
CORcl = 1.044 * EXP((.066 * Vaux - .398) * Vaux + (.094 * Waux - .378) * Waux) ХЭРЭВ
CORcl > 1 БОЛ CORcl = 1
CORia = EXP((.047 * Var - .472) * Var + (.117 * Waux - .342) * Waux) ХЭРЭВ CORia >
1 БОЛ CORia = 1
CORtot = CORcl
ХЭРЭВ lcl <= .6 БОЛ CORtot = ((.6 - lcl) * CORia + lcl * CORcl) / .6 Itotdyn = Itotst *
CORtot
lAdyn = CORia * last
lcldyn = Itotdyn - lAdyn / fcl
' Нэвтрүүлэх чанарын индекс
' Салхи, алхалтын алдаа
CRe = (2.6 * CORtot - 6.5) * CORtot + 4.9
imdyn = imst * CRe: ХЭРЭВ imdyn > .9 БОЛ imdyn = .9
' Динамик ууршилтын эсэргүүцэх чанар
Rtdyn = Itotdyn / imdyn / 16.7

```

ДУЛААНЫ СОЛИЛЦОО

Амьсгалын замын конвекцийн болон ууршилтын дулааны солилцоо

Амьсгалаар гаргасан агаарын температур

$$T_{exp} = 28.56 + .115 * T_a + .641 * P_a$$

$$C_{res} = .001516 * Met * (T_{exp} - T_a)$$

$$E_{res} = .00127 * Met * (59.34 + .53 * T_a - 11.63 * P_a)$$

' Хувцасны дундаж температур: T_{cl}

' Динамик конвекцийн коэффициент

$$Z = 3.5 + 5.2 * Var$$

$$\text{ХЭРЭВ } Var > 1 \text{ БОЛ } Z = 8.7 * Var^{.6}$$

$$H_{cdyn} = 2.38 * ABS(T_{sk} - T_a)^{.25}$$

$$\text{ХЭРЭВ } Z > H_{cdyn} \text{ БОЛ } H_{cdyn} = Z$$

$$auxR = 5.67E-08 * Ardu$$

$$F_{clR} = (1 - A_p) * .97 + A_p * Fr$$

$$T_{cl} = T_r + .1$$

T_{cl} :

' Цацрагийн коэффициент

$$H_r = F_{clR} * auxR * ((T_{cl} + 273)^4 - (T_r + 273)^4) / (T_{cl} - T_r)$$

$$T_{cl1} = ((f_{cl} * (H_{cdyn} * T_a + H_r * T_r) + T_{sk} / I_{cdyn})) / (f_{cl} * (H_{cdyn} + H_r) + 1 / I_{cdyn})$$

$$\text{ХЭРЭВ } ABS(T_{cl} - T_{cl1}) > .001 \text{ БОЛ}$$

$$T_{cl} = (T_{cl} + T_{cl1}) / 2$$

GOTO T_{cl}

ДУУСАХ ХЭРЭВ

' Конвекци, цацрагийн дулааны солилцоо

$$Conv = f_{cl} * H_{cdyn} * (T_{cl} - T_a)$$

$$Rad = f_{cl} * H_r * (T_{cl} - T_r)$$

' Ууршилтын хамгийн их хэмжээ

$$E_{max} = (P_{sk} - P_a) / R_{tdyn}$$

' Шаардлагатай ууршилтын хэмжээ

$$E_{req} = Met - dStoreq - Work - C_{res} - E_{res} - Conv - Rad$$

' ТАЙЛБАР

' Шаардлагатай чийгшил

$$w_{req} = E_{req} / E_{max}$$

' Шаардлагатай хөлрөлтийн хурд

' Ууршилт шаардлагагүй бол: хөлрөлтийн хэмжээ байхгүй ХЭРЭВ $E_{req} \leq 0$ БОЛ

$$E_{req} = 0: SW_{req} = 0: GOTO SW_p$$

' Ууршилт явагдах боломжгүй бол, хөлрөлтийн хэмжээ хамгийн их байна ХЭРЭВ

$$E_{max} \leq 0 \text{ БОЛ } E_{max} = 0: SW_{req} = SW_{max}: GOTO SW_p$$

' Шаардлагатай чийгшлийн хэмжээ 1.7-оос их бол: хөлрөлтийн хэмжээ хамгийн их байна

$$\text{ХЭРЭВ } w_{req} \geq 1.7 \text{ БОЛ } w_{req} = 1.7: SW_{req} = SW_{max}: GOTO SW_p$$

' Шаардлагатай ууршилтын хүчин чадал

$$E_{eff} = (1 - w_{req}^2 / 2)$$

$$\text{ХЭРЭВ } w_{req} > 1 \text{ БОЛ } E_{eff} = (2 - w_{req})^2 / 2$$

$$SW_{req} = E_{req} / E_{eff}$$

```

ХЭРЭВ SWreq > SWmax БОЛ SWreq = SWmax
SWp:
' Хөлрөлтийн хурдны таамаглал, илтгэгч зэргээр
SWp = SWp * ConstSW + SWreq * (1 - ConstSW)
ХЭРЭВ SWp <= 0 БОЛ Ep = 0: SWp = 0: GOTO Storage
' Ууршилтын хурдны таамаглал
k = Emax / SWp
wp = 1
      ХЭРЭВ k >= .5 БОЛ wp = -k + SQR(k * k + 2) ХЭРЭВ wp > Wmax БОЛ wp =
Wmax
Ep = wp * Emax
' Дулааны нөөц
Нөөц:
dStorage = Ereq - Ep + dStoreq
' БИЕИЙН ДОТООД ТЕМПЕРАТУРЫН ТААМАГЛАЛ
Tcr1 = Tcr0
TskTcr:
' Арьс - биеийн цулын жигнэсэн хэмжээ
TskTcrwg = .3 - .09 * (Tcr1 - 36.8)
ХЭРЭВ TskTcrwg > .3 БОЛ TskTcrwg = .3
ХЭРЭВ TskTcrwg < .1 БОЛ TskTcrwg = .1
Tcr = dStorage / spHeat + Tsk0 * TskTcrwg0 / 2 - Tsk * TskTcrwg / 2 Tcr = (Tcr + Tcr0 *
(1 - TskTcrwg0 / 2)) / (1 - TskTcrwg / 2)
ХЭРЭВ ABS(Tcr - Tcr1) > .001 БОЛ
Tcr1 = (Tcr1 + Tcr) / 2: GOTO TskTcr
ДУУСАХ ХЭРЭВ
' ДОТООД ТЕМПЕРАТУРЫН ТААМАГЛАЛ
Tre = Tre0 + (2 * Tcr - 1.962 * Tre0 - 1.31) / 9
ХЭРЭВ Dlimtre = 0 БА Tre >= 38 бол Dlimtre = time
' Хугацаан дахь нийт шингэний алдалтын хэмжээ (in W m-2)
SWtot = SWtot + SWp + Eres
SWtotg = SWtot * 2.67 * Adu / 1.8 / 60
      ХЭРЭВ Dlimloss50 = 0 БА SWtotg >= Dmax50 БОЛ Dlimloss50 = time ХЭРЭВ
Dlimloss95 = 0 БА SWtotg >= Dmax95 БОЛ Dlimloss95 = time ХЭРЭВ DRINK = 0 БОЛ
Dlimloss95 = Dlimloss95 * 0.6: Dlimloss50 = Dlimloss95 ' End of loop on duration
ДАРААГИЙН хугацаа
' Dlim тооцоолол
ХЭРЭВ Dlimloss50 = 0 БОЛ Dlimloss50 = Duration
ХЭРЭВ Dlimloss95 = 0 БОЛ Dlimloss95 = Duration
ХЭРЭВ Dlimtre = 0 БОЛ Dlimtre = Duration
PRINT "tre="; Tre
PRINT "SWtotg="; SWtotg
PRINT "Dlimtre="; Dlimtre
      PRINT "Dlimloss50="; Dlimloss50
      PRINT "Dlimloss95="; Dlimloss95 ДУУСАХ

```

F хавсралт
(Норматив)

Дулааны ачааллын урьдчилсан тооцооны үр дүнг тооцсон жишээ

Энэ хавсралтад 10 төрлийн ажлын орчны суурь болон үндсэн гаралтын өгөгдлийг танилцуулсан. Үүнийг E хавсралтад үндэслэн боловсруулсан аливаа программ хангамжаас гарч байгаа үр дүн дотоод температурын таамаглалын тухай 0.1°C , шингэн алдалтын хувь 1% нарийвчлалтай үнэн зөв байхыг шалгахад ашиглавал зохино.

Хүснэгт F1

Эдгээр 10 нөхцөлийг программын янз бүрийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг турших зорилгоор сонгон авсан.

Үзүүлэлт (нэгж)	Ажлын нөхцөлийн жишээ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дасан зохицсон	тийм	тийм	тийм	үгүй	үгүй	тийм	үгүй	үгүй	тийм	тийм
Байрлал	зогсоо	зогсоо	зогсоо	зогсоо	суугаа	суугаа	зогсоо	зогсоо	зогсоо	зогсоо
$t_a(^{\circ}\text{C})$	40	35	30	28	35	43	35	34	40	40
p_a (kPa)	2,5	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
$t_r(^{\circ}\text{C})$	40	35	50	58	35	43	35	34	40	40
v_a ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
M ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)	150	150	150	150	150	103	206	150	150	150
I_{cl} (clo)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	0,4	0,4
θ (хэм)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
Алхалтын хурд ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Эцсийн t_{re} ($^{\circ}\text{C}$)	37,5	39,8	37,7	41,2	37,6	37,3	39,2	41,0	37,5	37,6
Шингэн алдалт (g)	6168	6935	7166	5807	3892	6763	7236	5548	6684	5379
$D_{lim\ tre}$ (min)	480	74	480	57	480	480	70	67	480	480
$D_{limloss50}$ (min)	439	385	380	466	480	401	372	480	407	480
$D_{limloss95}$ (min)	298	256	258	314	463	271	247	318	276	339